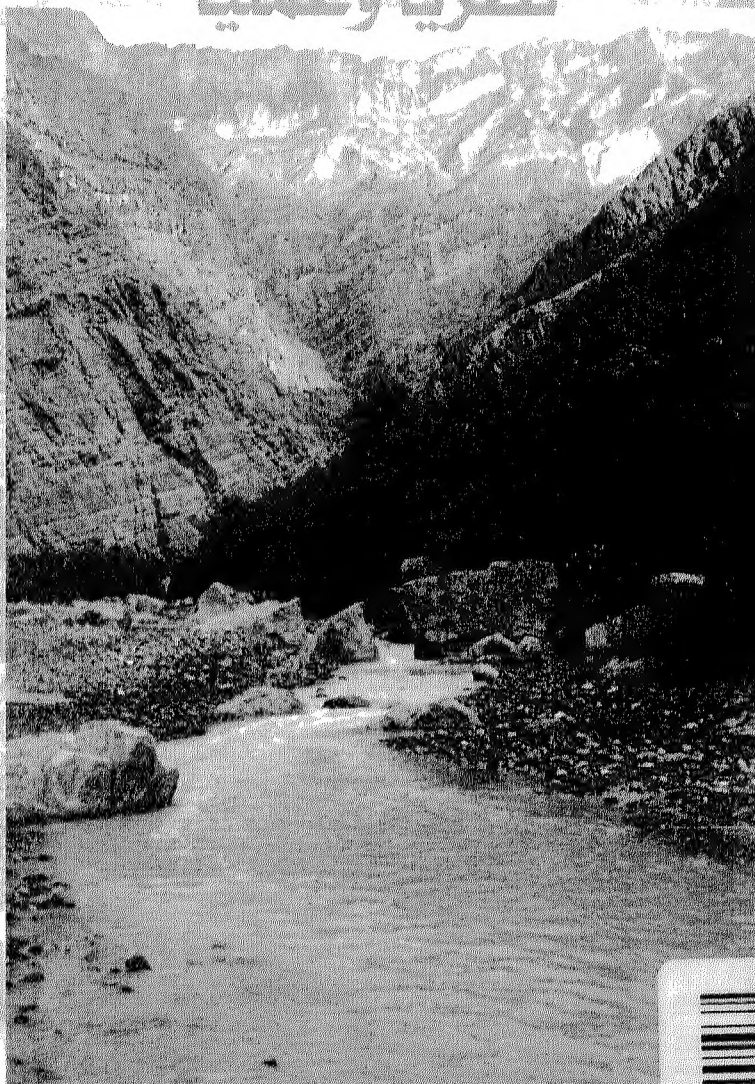


السيول في الصحاري

نظريا وعمليا

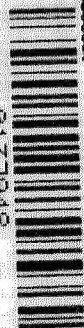


تأليف

أحمد سالم صالح



Bibliotheca Alexandrina



0157948

الأستاذ الدكتور / أحمد سالم صالح
رئيس قسم الجغرافيا
كلية الآداب - جامعة الزقازيق

السيول في الصحاري نظريا وعمليا

دار الكتاب الحديث

بسم الله الرحمن الرحيم


انزل من السماء ماء فسال أودية بقدرها

صدق الله العظيم

سورة الرعد الآية ١٧

حقوق الطبع محفوظة للمؤلف

١٩٩٩ م


دار الكتاب الحديث

٩٤ عباس العقاد - مدينة نصر - هاتف: ٢٧٥٢٩٩٠ فاكس: ٢٧٥٢٩٩٢

ص.ب: ٢٢٧٥٤ الصفاة ١٣٠٨٨ هاتف: ٢٤٦٠٦٣٤ فاكس: ٢٤٦٠٦٢٨

تجزئة 'C' رقم ٣٤ دوارة - الجزائر العاصمة - هاتف وفاكس ٣٥-٣٠-٥٥

القاهرة

الكويت

الجزائر

الجزء الاول

الجريان السيلى فى الصحارى نظريا

مقدمة

يعتبر الجريان السيول وما يترتب عليه من أخطار، من أهم مشاكل البيئة الطبيعية في الصحارى بصفة عامة، والصحارى العربية بصفة خاصة. ومما يبرز حجم هذه المشكلة ويزيدها وضوحا ، تلك المحاولات الجادة للتنمية، واستغلال هذه المناطق، والتوسع العمرانى بأشكاله المختلفة، الذى واكب الطفرة الأخيرة من عملية التقدم. إضافة إلى غياب الدراسات اللازمة والضرورية فى هذا المجال، أو محاولة تشخيص المشكلة وتقديم الحلول المناسبة لها. كما أن عملية الجريان بشكلها الحالى تمثل ضياعا لكميات من الماء تعتبر هذه المناطق فى أشد الحاجة إلى كل نقطة منها.

وكثيرا ما يؤدى جريان السيول إلى تخريب وتدمير لمظاهر الحياة فى الصحارى، مما يمثل عائقا أمام التنمية، ويبدو ذلك واضحا فى العديد من الأمثلة التى يتجسد فيها هذا الدمار. ففي شرق سيناء أدت السيول التى جرت فى وادى وتير (يصب فى خليج العقبة بجوار مدينة نويبع) خلال الفترة من ١٥-١٨ أكتوبر عام ١٩٨٧، إلى تدمير الطريق الدولى (نويبع-النفق) كاملا فى جزئه الأدنى (قرب المصب) كما دمرت وجرفت عددا من سيارات الأفراد، وسيارات نقل السياح، وراح ضحيته عددا كبيرا من مستخدمي الطريق بآمتعتهم.

وفى منطقة عسير بالمملكة العربية السعودية، جرت بعض السيول فى عام ١٩٨٠ فى وادى عتود، أدت أيضا إلى تدمير طريق عقبة ضلع (بين مدينة أبها والسهل الساحلى على البحر الأحمر)، ودمر ما لا يقل عن أحد عشر جسرا ، كانت تستخدم فى عبور مجارى الأودية التى تقطع

الطريق، كما راح ضحية هذه السيول عددا من السيارات والأشخاص. ويتكرر المشهد على عدد من الطرق المشابهة، والتي تصل بين مرتفعات عسير والسهل الساحلى، وفي مناطق أخرى من المملكة. وفي الكويت فى مارس عام ١٩٥٤ وعلى أثر سقوط كمية من المطر بلغت ٥٢ مم خلال ساعة واحدة، نتج عنها بعض السيول التى أدت إلى هدم عدد من المنازل ، وتخریب بعض مظاهر الحياة بالإضافة إلى بعض الخسائر المادية الأخرى.

وفي وادى الاطفيحي بالصحراء الشرقية بمصر، فاض أحد السيول بالوادی فى يناير ١٩٨٨، وكان من نتیجته تخریب العديد من المزارع المستصلحة، والمساكن والمشروعات الأخرى، التى أقيمت على المروحة الفيضية للوادی قرب مصبه عند مدينة أطفیح (جنوب القاهرة بحوالى ٨٠ كم).

وفي جمهورية اليمن الديمقراطية الشعبية أدى مجموعة من السيول التى جرت فى عدد من الأودية فى حضرموت خلال الفترة بين ٢٢-٢٥ مارس ١٩٨٩ إلى تدمير مئات المنازل الطينية واصابة ووفاة عدد كبير من الأفراد، إلى هجرة ما يقرب من ١٥٠ ألف من السكان. وقد عانت مناطق واسعة من صعيد مصر فى الآونة الاخيرة وساحل البحر الاحمر وسيناء من جراء السيول التى دمرت القرى والطرق والمزارع ، وخربت الكثير من اوجه الحياة ، وفقد فيها العديد من الاشخاص ؛ مما كان له اثر فعال على توجيه انظار المسؤولين الى هذه القضية والتركيز عليها .

وبالرغم من هذه الأخطار التي يعاني منها قاطنو الصحراء، إلا أن تناول موضوع السيول بالدراسة والتحليل لم يتعد عددا قليلا من الأبحاث فى المنطقة العربية. ويرجع الإحجام عن الخوض فى هذا الجانب إلى عدد من العوامل، لعل أهمها: أن هذا الاتجاه من جانب الحكومات والمؤسسات العلمية لا يزال يتم على استحياء واضح، ولا يأخذ فى التدخل إلا بعد وقوع الكوارث، وفى شكل محاولات لتعويض الخسائر، ودون محاولة لفهم أبعاد وجذور المشكلة.

كما تشكل ندرة البيانات والأرصدة والتسجيلات، وبصفة خاصة تلك التى تهتم بالمطر والجريان، وعدم تداولها، وأحيانا عدم إمكانية الحصول عليها، قصورا واضحا وعقبة كأداء أمام أية دراسة أو بحث . هذا بالإضافة إلى أن الخوض فى هذا النوع من الدراسات يحتاج إلى التسلح بجوانب علمية واسعة من أهمها الهيدرولوجيا والجيومورفولوجيا. كما يحتاج إلى خبرة طويلة فى هذا المجال ومعايشة لطبيعة الظروف .

وتهدف الدراسة الحالية إلى إلقاء الضوء على عملية الجريان السيلى فى الصحراء عامة ، وبصفة خاصة المنطقة العربية، كلما أمكن هذا . وذلك بغرض التعرف على أسباب وطبيعة الجريان السيلى وكيفية تفادى أخطاره، ومحاولة توقعه، وإمكانية استغلاله.

وتعتمد هذه الدراسة بصفة أساسية على البيانات والتسجيلات الحديثة التى توافرت عن المنطقة العربية والمناطق المشابهة، وعلى الأبحاث والدراسات المتقدمة التى أجريت فى بعض المناطق العربية وغير العربية، بالإضافة إلى محاولة استخدام الأساليب والطرق الكمية التى طبقت فى الصحارى أو التى تصلح للتطبيق فيها للوصول إلى الغرض المطلوب.

ويتناول هذا الجزء من الدراسة أربعة موضوعات متكاملة ومتراصة، تغطي الهدف الأساسي منها وهي:

أولاً - دراسة للعوامل المؤثرة على الجريان السيلوي، وتشتمل على عددا من المتغيرات، من أهمها:

- الأمطار وخصائصها المختلفة.
- والفواقد عن طريق التبخر والتسرب.
- والعلاقة بين هذه العوامل وبين عملية الجريان.

كما تتناول العوامل الأخرى المؤثرة مثل:

- أحواض وشبكات التصريف.
- وأنماط وخصائص المجاري.
- وكذلك العمليات الحالية الطبيعية والبشرية.

ثانياً - دراسة وتحليل لعملية الجريان وكيف تبدأ وأشكالها الأساسية وخاصة الانسياب السطحي، والجريان المركز، وخصائص كل منهما، والعوامل المؤثرة عليهما.

ثالثاً - إمكانية توقع الجريان وأفضل الأساليب العلمية التي يمكن استخدامها في هذا المجال، ومنها استخدام نماذج المحاكاة في الحاسب الآلي، وتحليل تكرار الجريان، والمعادلات الرياضية إلى جانب بعض الأساليب الأخرى...

رابعاً - طرق تفادي أخطار الجريان، وتم تقسيمها إلى جزئين:

الأول يهتم بعملية الوقاية السابقة للجريان.
والثانى يتمثل فى التحذير والإنذار.
وعرضت فيهما أفضل الأساليب العلمية التى يمكن استخدامها وتطبيقها
فى هذا المجال.

أولا - العوامل المؤثرة على الجريان السيلى فى الصحارى

تعتبر عملية جريان السيول فى الصحارى نتاجا لعدد من العوامل والمتغيرات والتي تتداخل وتتشابك وتؤثر بعضها على البعض الآخر بدرجات مختلفة. ويمكن تحديد هذه العوامل فى عدد من المجموعات يوضحها شكل رقم (١) وهى:

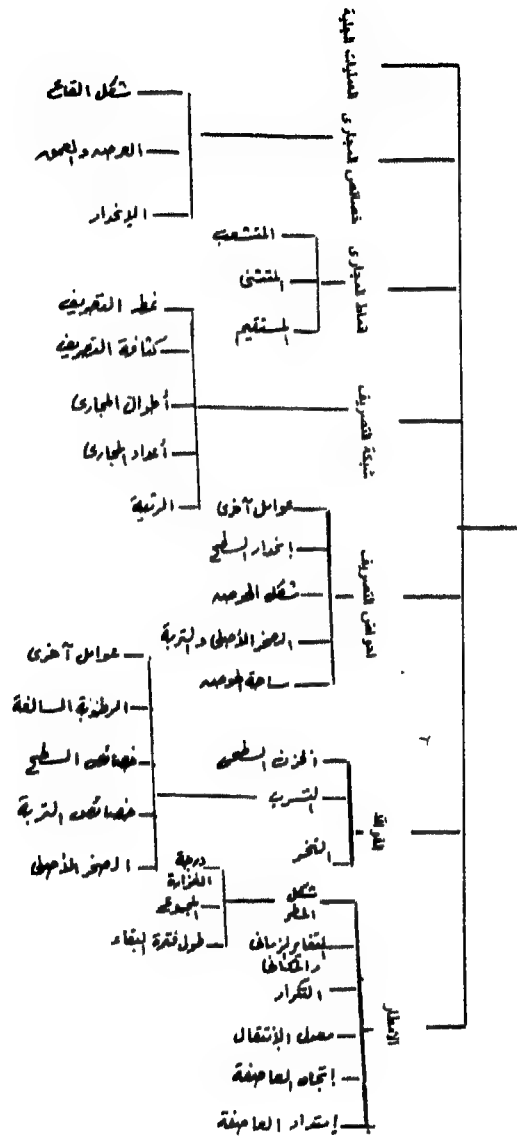
- ١- الأمطار وخصائصها المختلفة.
- ٢- الفواقد (التبخر - التسرب).
- ٣- أحواض التصريف.
- ٤- شبكات التصريف.
- ٥- أنماط المجارى.
- ٦- خصائص المجارى.
- ٧- العمليات الطبيعية والبشرية الحالية.

١- الأمطار:

تتميز الصحارى الحالة الجافة بقلّة الأمطار الساقطة عليها، حيث لا تزيد فى معظم الأحيان عن ١٠ بوصات، وتتصف الأمطار بعدد من الخصائص، منها عدم انتظامها، وتغايرها زمانيا ومكانيا، وأنها تسقط فى شكل رخات قصيرة وسريعة شديدة التركيز فى أغلب الأحيان، كما تسقط فى شكل بقع Spots تغطى مساحات صغيرة.

وتنتج الأمطار عن نوعين من العواصف المطيرة، هما الانقلابية والإعصارية، ولكل منهما خصائصه المميزة لها .

شكل رقم (١) العوامل المؤثرة على الجريان السطحي في الصحاري



(أ) العواصف الانقلابية Convective Storms

وتحدث تحت ظروف عدم الاستقرار، وتقع غالبا في نهاية فصل الشتاء، وربما تقع في فصل الصيف، وتتميز بغزارة أمطارها، وقصر مدتها **Duration**. وهي تتكون على شكل خلايا **Cells**، تمتد بشكل غير منتظم ويتراوح قطرها بين ٣-١٠ كم، ٤٠-٥٠ كم، وأحيانا ٨٠-١٠٠ كم، ويتغير موقع هذه الخلايا بين عاصفة وأخرى وعادة لا يكون ثابتا. كما تختلف أيضا الكمية الساقطة من المطر في كل مرة، وتتغير أيضا الكمية الساقطة بين جزء وآخر من المنطقة التي تغطيها العاصفة في المرة الواحدة، ويرجع ذلك إلى التغيرات السريعة التي تحدث في رطوبة السحابة وإلى الخصائص الديناميكية للخلية.

كما تتميز الخلايا بعدم ثباتها، حيث تتحرك في اتجاه معين، بمعدل معين، وتتحكم هذه الخصائص في مدى طول مدة الهطول، ومساحة المنطقة التي يصيبها المطر. ويتراوح عمر هذه الخلايا بين عدة دقائق إلى ما يقرب من الساعة الواحدة.

(ب) العواصف الإعصارية (الجبهية) Frontal Storms

وهي تنتج عن الجبهات المظيرة الباردة الآتية من مناطق رطبة، والتي تمتد إلى أجزاء من الصحارى، وتحدث بصفة أساسية في أواسط الشتاء، وتختلف في كثير من خصائصها عن العواصف الانقلابية، فدرجة غزارتها منخفضة إلى متوسطة، كما تمتد طول فترة التساقط فيها بين عدة ساعات، وربما تصل إلى أيام، وهي تغطي مساحة أكبر قد تصل إلى مئات وأحيانا آلاف الكيلو مترات المربعة، ويعتمد ذلك على امتداد مركز

الجبهة المطيرة، كما تختلف كمية المطر الساقطة من عدة ملليمترات إلى ما يقرب من خمسين ملليمترا.

(جـ) خصائص المطر:

تبعاً لما سبق، وعلى أساس الدراسات التي تناولت هذا الجانب، فإن الامطار فى الصحارى تتميز بعدد من الخصائص، التى لها علاقة واضحة بعملية الجريان:

منها قلة كمية المطر الساقطة، واختلاف هذه الكمية بين عام وآخر، وبين فصل وآخر. وكذلك بين عاصفة وأخرى، كما تختلف خلال العاصفة الواحدة، بين وقت وآخر، وذلك خلال فترة سقوطها .

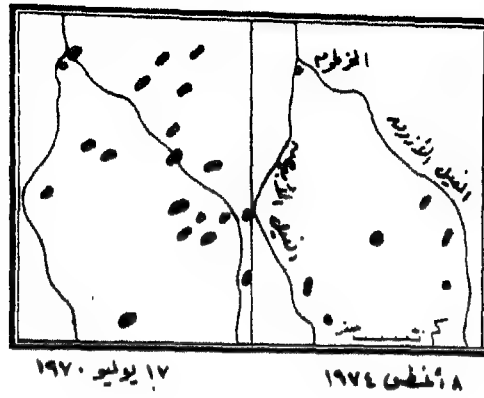
وخلال العاصفة الواحدة تختلف الكمية الساقطة كما تختلف بين عاصفة وأخرى، ويرجع ذلك إلى اختلاف الظروف المسببة لوجودها، والعوامل المختلفة المؤثرة عليها، بالإضافة إلى الخصائص الداخلية للخلية، فهى تختلف بين العاصفة الانقلابية والعاصفة الإعصارية، كما تؤثر درجة حرارة الهواء ، وسرعة الرياح واتجاهها ، على مقدار وكمية المطر الساقطة، بالإضافة إلى كمية بخار الماء فى العاصفة والخصائص الطبيعية والديناميكية، التى تتباين بين عاصفة وأخرى، وبالتالي تختلف كمية المطر تبعاً لذلك.

كما يعتبر عدم فصلية المطر الصفة الغالبة لسقوطها فى الصحارى. وبصفة عامة يسقط جزء منها خلال فصل الشتاء فى شكل عدة مجموعات من الأيام المطيرة، ويسقط جزء آخر خلال الفترات الانتقالية فى الخريف والربيع ، وهو يمثل الجزء الأكبر فى أغلب الأحيان. وغالبا ما تكون السيول الناتجة عن هذه الفترات الانتقالية قوية وفجائية.

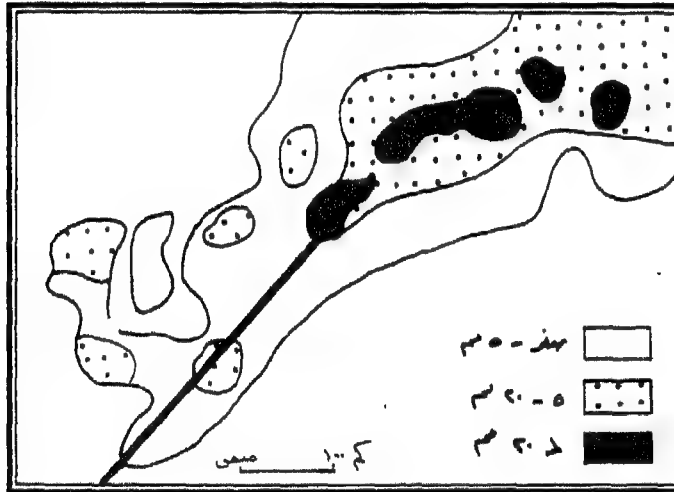
وتسقط الأمطار الصحراوية في أغلبها بشكل بقعى Spotty، وتختلف مساحة المنطقة التي تغطيها الأمطار، تبعاً للعوامل الطبيعية المؤثرة عليها والمسببة لها. وتتميز هذه البقع بتنقلها مع تحرك العاصفة، ويوضح الشكل رقم (٢) نمط هذا التوزيع وتغير الأماكن مع تكرار العواصف في منطقة الخرطوم بالسودان ، وكذلك تمنارست بالصحراء الكبرى، كما يوضح الشكل رقم (٣) الامتداد المحتمل لإحدى العواصف المطيرة الانقلابية النشأة في المنطقة بين طابا وشمال نوبيع على خليج العقبة بسيناء.

وفي العاصفة الواحدة تختلف كمية المطر الساقطة بين جزء وآخر داخل المنطقة التي تغطيها، ويرجع ذلك إلى تحرك العاصفة من جهة، واختلاف درجة كثافة المطر بين أجزاء العاصفة، كما قد ينتج الاختلاف عن اختلاف في شكل السطح وتغاير السفوح.

ومن الأمثلة التي توضح هذه الخاصية، تلك الدراسة التي أجريت في منطقة أدفات بصحراء النقب بفلسطين، حيث تم وضع عشرين جهاز قياس مطر على مساحة لا تزيد عن عشر هكتارات وغرم صفر المساحة المستقبلية للمطر، فقد اختلفت الكمية الساقطة داخلها بين ٢٢ مم - ٧٨ مم. كذلك يوضح الشكل رقم (٤) مقدار الاختلاف في كمية المطر الساقطة خلال إحدى العواصف على المنطقة جنوب غرب الأردن وفلسطين، وواضح منه أن خط المطر المتساوي ٥ مم يقع عند هوامش المنطقة التي غطتها العاصفة، ثم تزيد الخطوط في كمياتها حتى تصل إلى ٧٠ مم، ٨٠ مم في وسط المنطقة تقريبا، حيث تمثلت قمة المطر مكانيا. ويظهر الاختلاف بشكل واضح مع تغاير شكل السطح الساقطة عليه الأمطار.

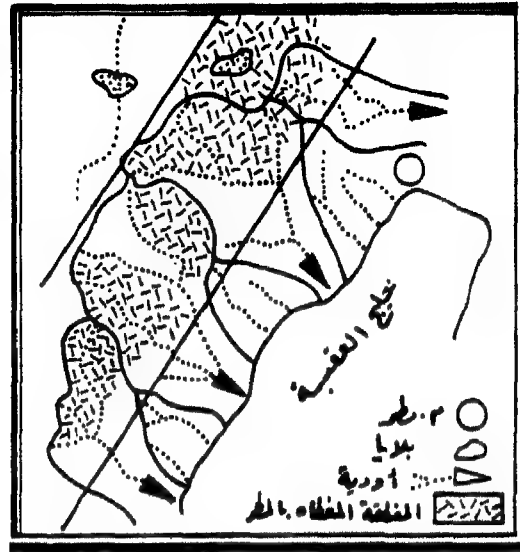


السودان



تمنارست

شكل رقم (٢) التوزيع المكاني للأمطار في شكل بقعي ،
وتغيره بين عاصفة وأخرى في السودان وقرب تمنارست
بالصحراء الكبرى .

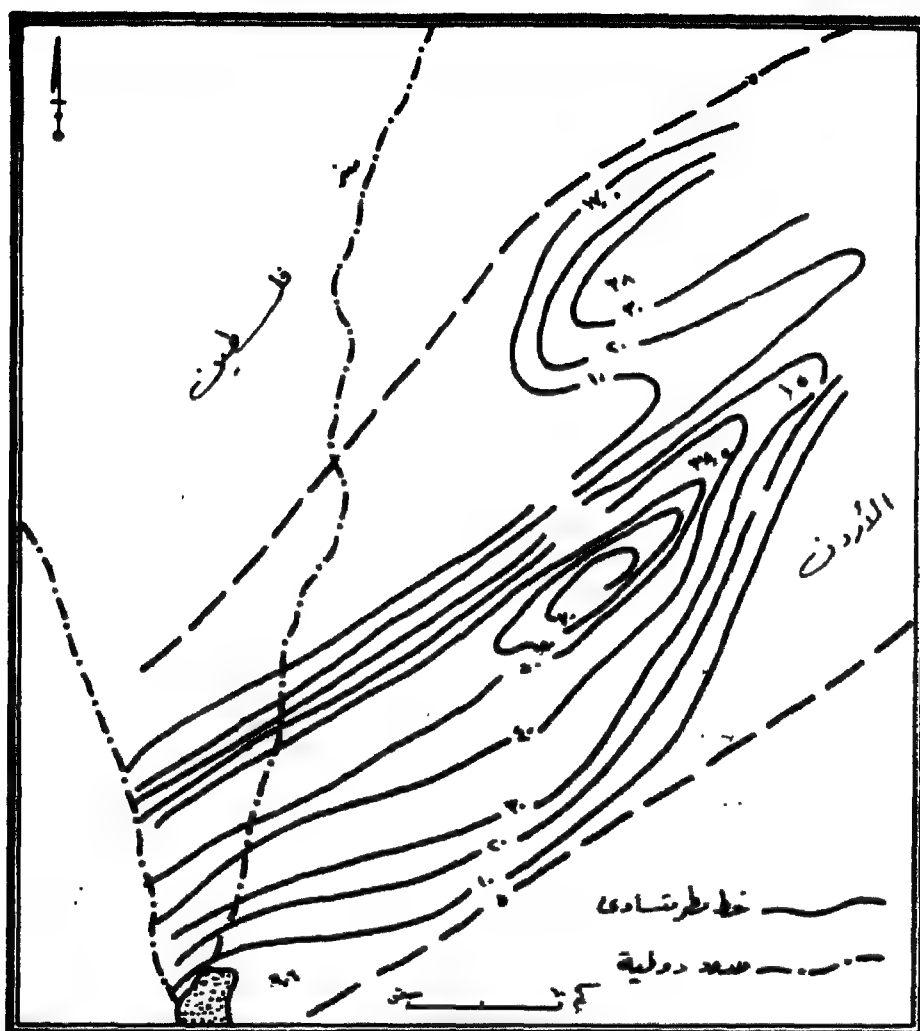


شكل رقم (٣) الامتداد المحتمل لاحدى العواصف المطيرة
على منطقة شمال خليج العقبة

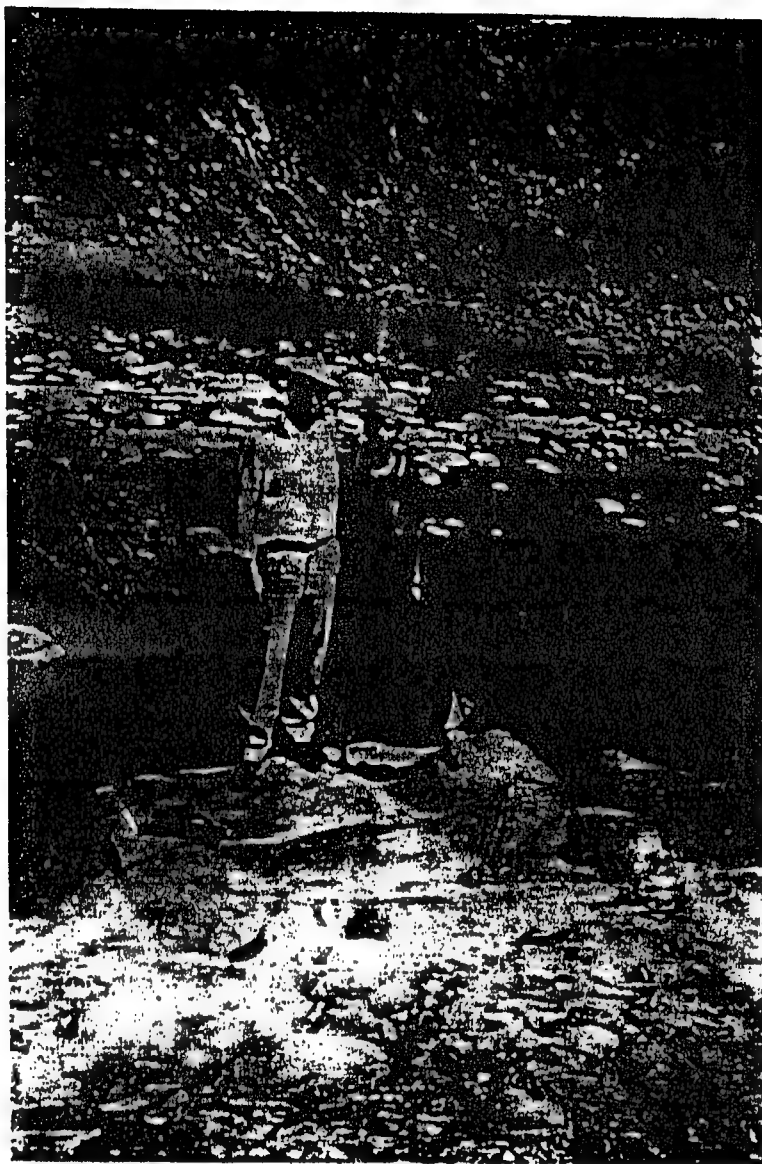
كما يؤدي تحرك العاصفة المطيرة أثناء عملية التساقط، بمعدلات كبيرة وصلت بين ٥٠٠-١٦٠٠ متر/دقيقة، في إحدى القياسات التي أجريت في جنوب فلسطين إلى انخفاض طول فترة التساقط وبالتالي انخفاض الكمية واختلافها بين جزء وآخر.

وتسقط الأمطار على شكل رخات مركزة في فترات قصيرة، وقد يزيد ما يسقط في المرة الواحدة عن المتوسط السنوي في المنطقة. وعلى سبيل المثال فقد سقط في إمارة الشارقة بدولة الإمارات العربية المتحدة ما يزيد عن ٤ مم من المطر في أقل من ساعة واحدة.

وفي إحدى العواصف المطيرة سقط في ١٦ مارس ١٩٧٢ على ميناء الأحمدى بالكويت ٩٤ر٢ مم سقط منها ٦٠ (حوالي ثلثي الكمية) خلال ساعتين فقط (طريح ١٩٨٠ ص ٢٢٤).



شكل رقم (٤) الاختلاف في كمية المطر داخل احدى
العواصف بجنوب غرب الاردن وفلسطين

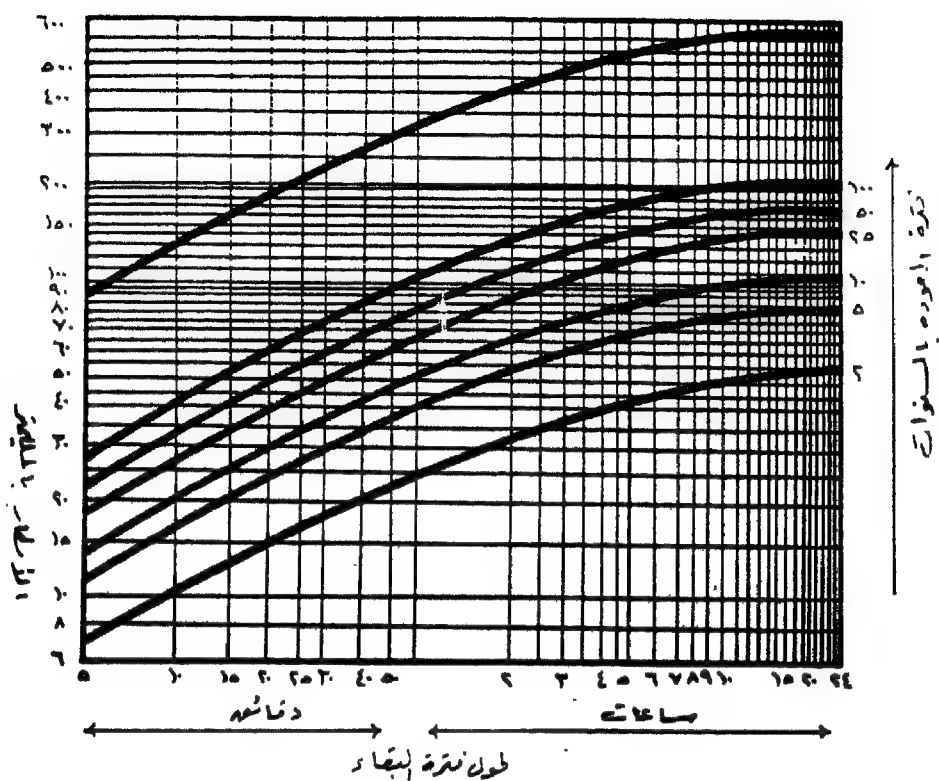


بقايا بعض الامطار تغطي جزئيا قاع الوادي

- وعلى طول ساحل خليج العقبة فى المنطقة بين نوبيع وطابا سجلت المحطات التجريبية درجة تركيز تراوحت بين ٠.٢٢ مم - ١.٢١ مم/دقيقة، وبمتوسط حوالى ٠.٦ مم/دقيقة وفى بعض العواصف القصيرة الأجل وصلت درجة الغزارة إلى ٩٠ مم/ساعة. وتجدر الإشارة إلى أن درجة تركيز المطر غالبا ما ترتبط بنوعية العاصفة المطيرة، ففي العواصف المطيرة الانقلابية وصلت إلى حوالى ٩٠ مم/ساعة كما هو على ساحل خليج العقبة. على حين تنخفض فى العواصف الإعصارية حيث لا يتعدى المتوسط ٣ مم/ساعة، مع وجود بعض القمم التى تتراوح فيها الكمية بين ٢٤ مم- ٢٧ مم/ساعة، وإن كانت هذه القمم تتميز بقصرها، حيث لا تمتد إلا بضعة دقائق تتراوح بين دقيقة واحدة وست دقائق، مع احتمال تكرار القمم خلال العاصفة الواحدة. والشكل رقم (٥) يوضح كلا من درجة تركيز الأمطار وطول فترة الهطول على الساحل الشرقى للخليج العربى. وبشكل عام فإن معظم العواصف تصل درجة التركيز فيها إلى حوالى ١ مم/دقيقة.

(د) علاقة المطر بالجريان:

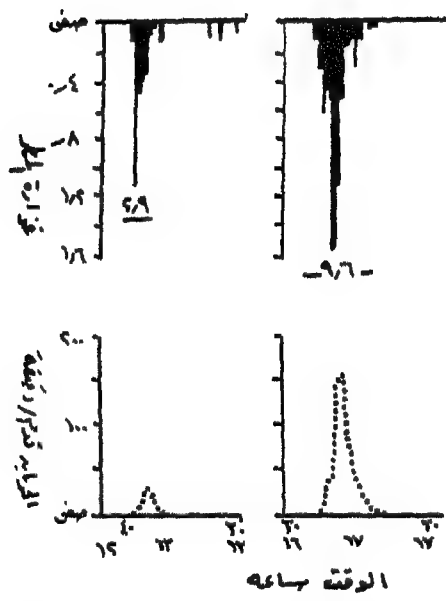
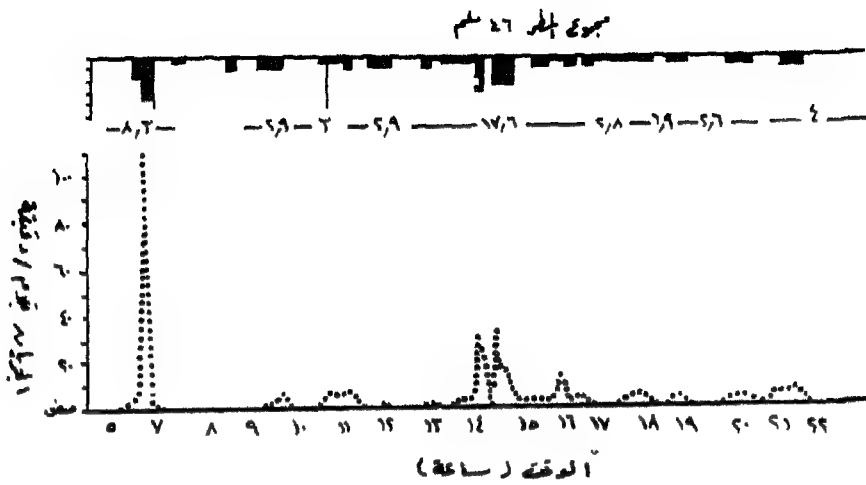
مع الأخذ فى الاعتبار تأثير العوامل الأخرى على عملية الجريان والتى سيتم مناقشتها فى الجزء التالى - فإنه يمكن القول بأن درجة تركيز المطر Intensity، وطول فترة الهطول Depth-Duration يمثلان أهم العوامل المؤثرة على هذه العملية، ويعتبران أهم من إجمالى كمية المطر. وتتفق معظم الدراسات الحديثة على أن الحد الأدنى من الأمطار اللازم لبدء الجريان فى التوالد والوجود هو ١ مم/دقيقة، وبمجموع حوالى ١٠ مم خلال العاصفة الواحدة، مع ملاحظة أن ذلك يتوقف على



شكل رقم (٥) كمية المطر وطول فترة البقاء والعودة على
الساحل الشرقي للخليج العربي

عدد من الضوابط الأخرى، ويحدث الجريان سريعا تحت هذه الكمية من المطر في مناطق المنابع والمنحدرات، خاصة إذا توافرت بعض الخصائص في حوض التصريف موضع العملية، مثل الصخور الصلبة شديدة التماسك المنخفضة في قدرتها التخزينية والتسريبية، وأن يكون ذو انحدار شديد وخال من النبات الطبيعي (الكثيف) وعار من المواد المفتتة. وتعطى بعض الدراسات التي أجريت على العلاقة بين كل من كمية المطر ودرجة تركزه مع عملية الجريان تقنيا وضحا لطبيعة هذه العلاقة ومقدارها، وبالتالي قوتها، وعلى سبيل المثال في دراسة أجريت قرب البحر الميت بفلسطين، كانت درجة غزارة المطر التي نتج عنها جريان هي ٢ مم/١٠ دقائق بالنسبة لجوانب التلال المنحدرة، و ٤ مم/١٠ دقائق لباقي الأجزاء. وفي الدراسة التي أجريت على الجزء الشمالي من ساحل خليج العقبة بسيما، بدأ الجريان في التوالد والحدوث تحت درجات غزارة ٧٢ مم، ١٠٥ مم، ١٠٦ مم، ١٢١ مم/دقيقة، وبإجمالي كميات مطر ٧٢ مم، ١٠٥ مم، ١٠٦ مم، ١٢١ مم على التوالي. وكان هذا الاختلاف راجعا إلى اختلاف ظروف المناطق موضع الدراسة والملاحظة. ويوضح الشكل رقم (٦) العلاقة بين الأمطار والجريان في بعض المحطات التجريبية.

وبشكل عام تنخفض كمية الجريان بالنسبة إلى كمية المطر الساقطة في الصحارى. فعلى سبيل المثال كانت النسبة في أودية كفرنجة والموجب بمنطقة البحر الميت بالأردن هي ٨%، ٦% على التوالي خلال الفترة من ٥٠-١٩٧٥ للوادي الأول، و ٦٥-١٩٧٥ للوادي الثاني. وفي منطقة نحال بالقرب من رأس خليج العقبة تراوحت هذه النسبة في إحدى المحطات التجريبية خلال الفترة من ٦٦/١٩٦٧ بين ٤-٣٦% من



شكل رقم (٦) العلاقة بين الامطار والجريان في بعض المحطات التجريبية بفلسطين

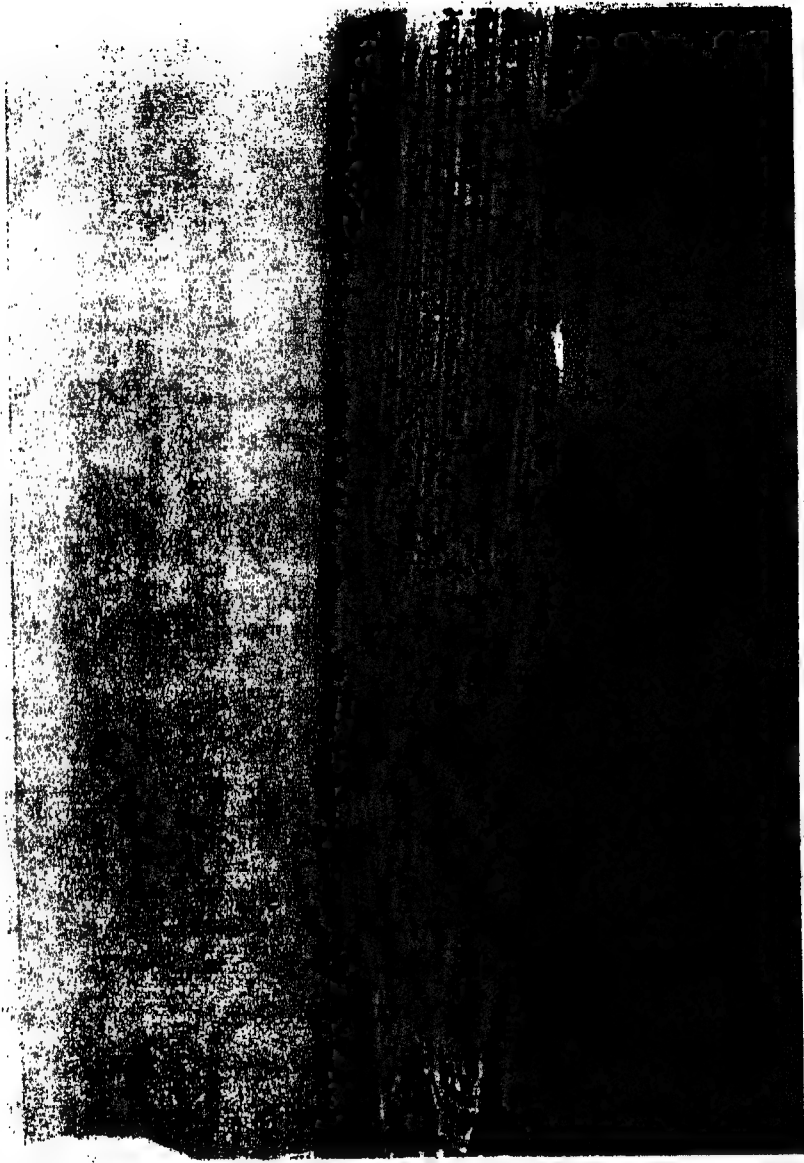
كمية المطر الساقطة ، وذلك فى أحد أحواض التصريف الصغيرة. كما تراوحت النسبة فى بعض أودية جبال البحر الأحمر بالسعودية بين ٢% و ٦% تبعا لنوع التضاريس ، ودرجة تركيز المطر.

. ويمتد تأثير خصائص المطر على عملية الجريان إلى ما بعد بداية الجريان، فنظرا لسقوطها فى شكل بقعى فى الغالب، وبالتالى تغطيتها لمساحات صغيرة ، وحيث أن العاصفة الواحدة قد تغطى جزءا صغيرا من حوض تصريف وادى كبير، وقد يتمثل ذلك فى أحد روافده الفرعية، وبالتالى فإن وصول الجريان إلى الوادى الرئيسى أو الرافد الأعلى فى الرتبة يتوقف على كل من درجة تركيز المطر، وإجمالى الكمية الساقطة، وطول فترة بقاء العاصفة، وتحركها وانتقالها، وكذلك اتجاهها، ثم مدى استمرارية سقوط الأمطار بعد حدوث الجريان.

ويؤدى انقطاع المطر مع بداية الجريان إلى عدم تواصل الجريان وإلى انقطاعه أيضا. كما أن التغيرات فى كمية الجريان بين أعلى الحوض وحضيضه تبعا لاختلاف الخصائص، يحدث نفس النتيجة من عدم تواصل الجريان. وتؤدى الأمطار القصيرة الأجل إلى جريان قصير كذلك. وهذا يتضح من الشكل رقم (٧) حيث أدت مثل هذه الخاصية إلى وجود جريان استمر بين ١٥-٢٠ دقيقة فقط واقتصر حدوثه على الجزء العليا من السفوح يتوقف قبل أن يصل إلى الحضيض.

كما يؤدى تحرك العواصف خلال سقوط الأمطار إلى انخفاض نصيب الجزء الواحد من المنطقة التى تغطيها العاصفة، مما يؤدى إلى انخفاض احتمال توالد الجريان أو إلى التغير والاختلاف فى نقاط البدء بالجريان أو عدم تواصله واستمراره .

٢- الفواقد:



تشعب المجارى فى الاودية مما يعمل على زيادة فرص
التسرب والتبخير

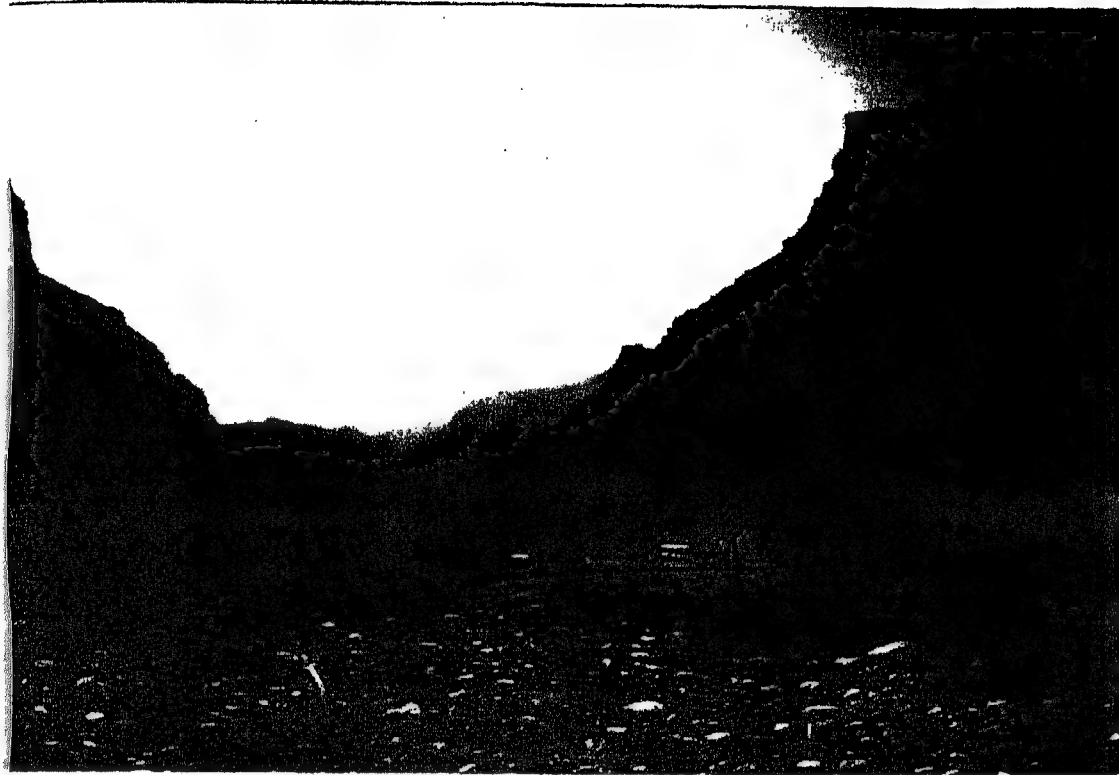
تؤثر كمية الفواقد عن طريق كل من التبخر والتسرب، على بدء عملية الجريان، الذى يمثل فى هذه الحالة الفائض من المطر بعد هاتين العمليتين. كما يمتد تأثيرهما إلى ما بعد توالد وبدء الجريان، حيث يؤثران كذلك على إمكانية واستمرار الجريان فى الروافد ووصوله إلى الوادئ الرئيسى، أو انقطاعه وعدم استمراره، كما تحدّدان مع بعض العوامل الأخرى خصائص الجريان المختلفة، خاصة كمية وسرعة الجريان.

(أ) فوائد التبخر:

المعروف أن التبخر فى الصحارى يزيد عنه فى أى منطقة أخرى بدرجة كبيرة، وليس أدل على قيمة التبخر وتأثيره فى الصحارى من استخدامه كأحد أطراف المعادلات التى تحدد الأراضى الجافة فى معظم الدراسات التى تناولت هذا الجانب.

ويرجع ارتفاع معدلات التبخر إلى ارتفاع درجات الحرارة خاصة فى فصل الصيف، والتى تؤدى إلى ارتفاع حرارة الهواء والتربة، وكذلك ارتفاع درجة جفاف الهواء فى أغلب الأحيان؛ مما يعطيه القدرة على زيادة التبخر. هذا بالإضافة إلى انكشاف السطح وخلوه من النبات الطبيعى.

وبالإضافة إلى هذه العوامل التى تؤدى إلى زيادة التبخر فإن هناك عوامل قد تقلل من وقعه وكميته، ولعل أهمها قصر فترات التساقط، ودرجة تركّز المطر، بالإضافة إلى صغر المساحات التى تسقط عليها الأمطار مما يقلل من كمية الفاقد عن طريق التبخر، أثناء فترة السقوط وهو العامل الهام والمؤثر على بداية الجريان، كما أن ندرة النبات



باطن احد الاودية الصحراوية

الطبيعى وبالتالي انخفاض أو عدم وجود الفاقد عن طريق النتح ؛
يؤدى إلى انخفاض كمية الفاقد.

(ب) علاقة التبخر بالجريان:

نظرا لقصر مدة بقاء العواصف الغزيرة المطر، والتي تؤدى إلى
توالد الجريان فان فواقد التبخر التى لها تأثير مباشر على الجريان ، يمكن
حسابها على أساس فعاليتها خلال الفترة منذ بداية سقوط المطر، وحتى
يبدأ الفائض الميئون للجريان، أو حتى يأخذ الجريان طريقه بالفعل، على
شكل انسياب، أو أى شكل آخر، وهى فترة قصيرة لا تمثل خلالها فواقد
التبخر إلا نسبة صغيرة ولذلك لا تعتبر عاملا حديا تتوقف عليه عملية
توالد الجريان من عدمه.

إلا أنه فى حالات المطر لفترات طويلة فان فعالية التبخر سوف
تكون أكثر حدة، وبالتالي فانه يمكن أن يكون له تأثيره القوى على
الجريان، وتقلل من فرص وجوده وربما تتبخر معظم الأمطار الساقطة
وتضيع ، خاصة إذا لم يكن لهذه الأمطار قمة، وكانت درجة غزارتها
منخفضة ،أو تسقط بشكل أقرب للتساوى والانتظام خلال الفترة الطويلة.
وقد يكون لهذا النظام مفعوله فى التعجيل بتكوين الجريان فى مرة مطر
تالية، كنتيجة لإشباع التربة أو احتفاظها بجزء من هذه الأمطار، مما يقلل
من الفواقد سواء عن طريق التبخر من التربة أو التسرب.

(ج) فواقد التسرب:

تختلف كمية التسرب بين جزء وآخر من الصحراء، ويرجع ذلك
إلى التغيرات والاختلاف فى خصائص السطح، والمواد التى تغطيها، إلى

جانب عدد من الخصائص الأخرى، منها درجة رطوبة التربة، ودرجة الانحدار، وطول فترة المطر، وطول فترة ركود المياه على السطح، إلى جانب تأثير بعض العمليات الواقعة على التربة من الخارج أو التي تحدث داخلها.

وفي المناطق العارية من التربة، وحيث تنكشف الصخور، تؤثر نوعية الصخر وخصائصه المختلفة على عملية التسرب، وترتبط كمية ومعدل التسرب هنا بكل من المسامية Porosity ودرجة النفاذية Permeability، واللذان يختلفان باختلاف نوعية الصخر. كما تعتمدان على الفواصل وأنظمتها والشقوق، وخطوط الصدوع، التي تشغل الواجهة المكشوفة والأجزاء السفلية، بالإضافة إلى العديد من الخصائص الأخرى.

وبشكل عام فإن الصخور العارية -في حالة وجودها- تعمل على سرعة توالد الجريان فوقها خاصة إذا كانت الأمطار الساقطة غزيرة، وتزداد الفرصة مع زيادة انحدار السطح. حيث أن تماسك الصخور مع قصر الفترة اللازمة لحدوث الجريان أثناء الأمطار الغزيرة، يعمل على خفض الكمية المتسربة.

وغالبا ما تتمثل الصخور العارية في الأجزاء العليا من السفوح وحيث لا تسمح درجة الانحدار بتراكم المفتتات عليها مما يزيد من فعاليتها في توالد الجريان. وفي المقابل يعمل تراكم الرواسب والمفتتات على الأجزاء الدنيا من السفوح إلى زيادة الفواقد؛ مما يجعل ضياع الجريان المتوالد من الأجزاء العليا؛ وبالتالي عدم تواصل الجريان وانقطاعه أمر وارد

كذلك يساهم كل من نسيج التربة Soil Texture وبنيتها Structure فى هذا المجال، فمن المعروف أن هناك علاقة شبه طردية، بين حجم المفتتات وكمية ومعدل التسرب، وهذا بالطبع مع ثبات الظروف الأخرى.

كما أن التباير فى أحجام المواد ووجودها على سطح التربة فى شكل يختلف عما تحتها يؤثر بشكل واضح على العملية.

وتوضح بعض الدراسات التجريبية أن هناك علاقة موجبة بين توالد الجريان وحجم وتوزيع المواد الخشنة على السطح، والتي يعقبها مواد أكثر تماسكا، حيث يؤدي وجود كل من الزلط Cobbles والجلاميد Boulders على السطح إلى توزيع الأمطار الساقطة وتركزها فوق أجزاء صغيرة من الطبقة السفلى المتماسكة، مما يؤدي بالتالى إلى زيادة كمية المياه الفائضة فوق السطح عن معدلات التسرب.

ويؤثر شكل وانحدار السفوح على عملية التسرب بشكل مباشر، حيث يؤدي شكل القطاع السفلى فى أى جزء منه، سواء كان مقعرا أو محدبا، أو مستقيما، أو يضم أكثر من شكل واحد، على زيادة أو نقص معدلات التسرب وبشكل عام يزيد المعدل مع نقص درجة الانحدار فى القطاعات، وتزيد فرص وسرعة توالد الجريان على القطاعات التى يزيد بها الانحدار وفى السفوح المقعرة Conecave.

وفى الأجزاء المستوية وشبه المستوية من الصحارى وحيث يزداد سمك المفتتات والمواد الناعمة، والتي قد تأخذ أشكالا معينة، ومن أهمها الكتبان الرملية والمراوح الفيضية وبطون الأودية، وكذلك البلايا والملاحات. وفيما عدا الشكلىن الأخيرين فإن معدل التسرب يزداد بدرجة كبيرة نظرا لارتفاع المسامية والنفاذية فى المواد التى تكون هذه الأشكال،

بالإضافة إلى عامل استواء السطح فيها، والذي يتيح الفرصة لمزيد من التسرب.

وهناك بعض العوامل والعمليات الأخرى التي تؤثر على معدل وكمية التسرب، ومن أهمها رطوبة التربة وخاصة في جزئها العلوى. وبصفة عامة تتناقص الكمية المتسربة مع ازدياد المحتوى الرطوبى. ولما كان المحتوى الرطوبى للتربة الصحراوية يعتبر منخفضا جدا تحت ظروف الجفاف السائدة، فإن تأثير الرطوبة هنا يكاد يكون معدوما، إلا فى حالات تكرار المطر على فترات زمنية قريبة وخاصة فى فصل الشتاء. أو فى الفترات المتأخرة من بعض الليالى التى تنخفض فيها درجات الحرارة، مما يؤدى إلى تكاثف بعض الندى على السطح أو بالقرب من المناطق الساحلية حيث تزيد نسبة رطوبة الهواء وكذلك التربة، وكذلك عندما تسمح ظروف السطح بزيادة نسبة الرطوبة كما هو الحال على جوانب بعض السفوح الجبلية التى يمتد عليها الظل. وفى مثل هذه الأحوال فإن معدل التسرب يتوقف على مقدار تشبع التربة بالرطوبة. كما يعمل تراكم الأملاح وتركزها قرب سطح التربة فى الصحارى - وكنتيجة لقلّة تعرضها لعمليات الغسيل، والتصفية، تحت ظروف قلة المطر - على تكوين طبقة صماء تعمل على خفض كمية التسرب ؛ وتساعد على توالد الجريان بعد تشبع الجزء العلوى الواقع فوق هذه الطبقة.

وتؤثر بعض الخصائص الكيميائية للتربة على عملية التسرب. على سبيل المثال هناك علاقة بين درجة نفاذية التربة، ونسبة التبادل الصوديومى **Exchangeable Sodium** والتركيز الأليكترولىتى **Electrolyte Concentration** فمع التبادل الصوديومى، وانخفاض التركيز الأليكترولىتى فى التربة يحدث ما يعرف بالتشتت الصلصالى والذي

يؤدى إلى تكوين قشرة فوق التربة تعمل على خفض النفاذية وبالتالي سرعة توالد الجريان، ومع زيادة التركيز الالكتروليتى فقد ينتج العكس. وللعمليات البشرية تأثير أيضا على التسرب، فعلى سبيل المثال يؤدى الرعى الجائر وتناقص الغطاء النباتى، إلى انخفاض واضح فى معدل التسرب، وبالتالي تزايد احتمال توالد الجريان بصفة عامة. ويوضح (الجدول رقم ١) بعض البيانات المنشورة عن الوقت اللازم لإتمام عملية التسبغ فى بعض أجزاء من الصحارى:

جدول رقم (١) الوقت اللازم لاتمام عملية التسبغ فى بعض اجزاء من الصحارى

المصدر	الوقت (ثانية)	كمية المطر مم/ساعة	درجة التوصيل التشبعى	ملاحظات
Rubin, 1966	٢٩,٩	٢١٥٤,٠	٤٧٨,٨	تجارب معملية
	١٦٥,٧	١٠٧٧,٣	٤٧٨,٨	(رمال)
Smith and cherry, 1973	٨٠,٠	١٢٧,٢	٣٠,٠	احصاء
	١٤٠,٠	١٠١,٤	٣٠,٠	احصاء
Mein and Larsen, 1973	١٣٠,٠	٤٠٠,٣	٥٠,٠	احصاء
	٥٤٠,٠	٢٠٠,٢	٥٠,٠	احصاء
	٦٠٠,٠	٢٠٠,٢	٥٠,٠	احصاء
Swatratzendr uber and Hillel 1973	٢٢٦٠,٠	٦٢,٢	٥٢,١	اختبار اتحقلي
	٦٤٠,٨	٦٢,٢	٤٠,٦	اختبار اتحقلي
Scoging and Thornes 1979	٣٤,٨	٤٤	١٦٨,٦	ملاحظات واختبارات ميدانية على السفوح

عن : Cooke et al., 1985 p. 220.

(د) علاقة التسرب بالجريان:

تبعاً لنموذج هورتون (Hortonian model) فإن القدرة التسريبية لأي منطقة ليست ثابتة أثناء المطر، ولكنها تبدأ بقيم أولية مرتفعة ثم تتناقص سريعاً، وبعد مرور حوالي نصف ساعة إلى ساعتين أو ثلاث تصل إلى قيمة ثابتة. ولذلك فإن جزءاً كبيراً من بدايات المطر تضع في التسرب، ومع مرور وقت معين والوصول إلى القيمة الثابتة، تصبح الفرصة مواتية لتوالد الجريان. شكل (رقم ٨).

ويوضح (الجدول رقم ٢) نتائج إحدى الدراسات التجريبية، والعلاقة بين كل من كمية وغزارة المطر، وكمية التسرب الأولية، والجريان، وكذلك معدل التسرب الثابت (القيمة الثابتة).

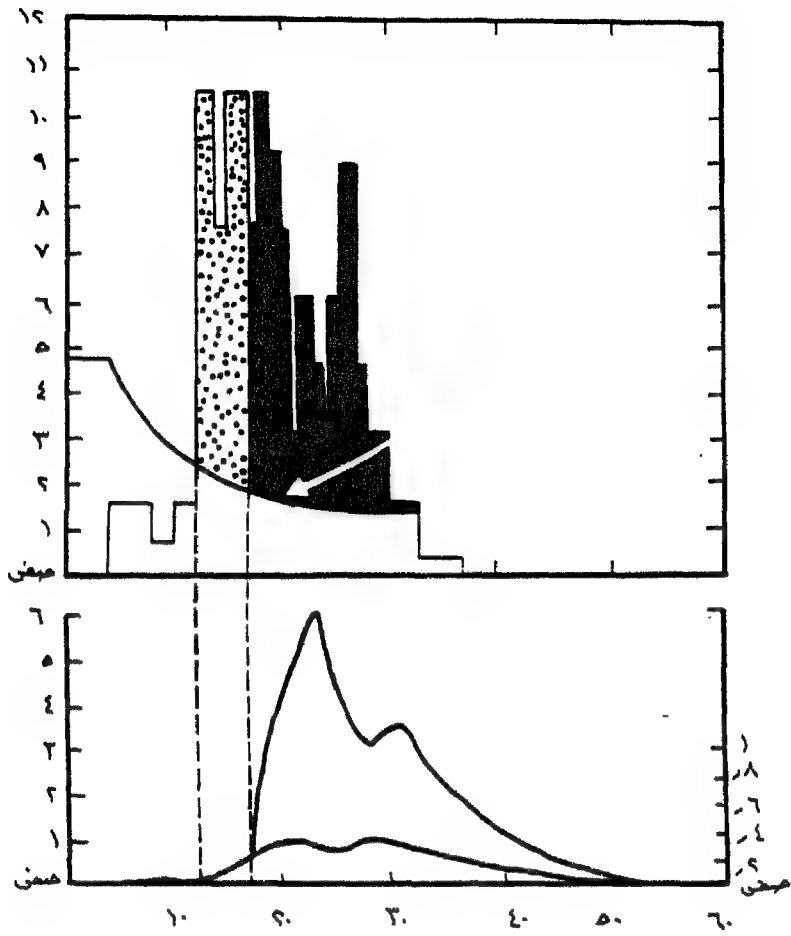
جدول رقم (٢) نتائج إحدى الدراسات التجريبية

رقم محطة	خصائص السطح ونوعية التكوينات	كمية المطر مم	كثافة المطر مم/دقيقة	وقت التسرب الأولي مم	كمية التسرب الأولية مم	مسح الجريد ن مم	النسبة المئوية للجريد ن %	القيمة الثابتة مم/دقيقة
١	صفوف شست وجرانيت شبيه عارية عليها مفلتات ذات أحجام ١٥-٢٥ سم/طول السطح ٧٠ مم بالحدار ٣٤ درجة	٧.٢	٠.٧٢	٣.٥	٢.٥٢	٢.٢٠	٣٠.٦	٠.٣٧
		٤.٤	٠.٤٤	٤.٠	١.٧٦	٠.٨٦	١٩.٥	٠.٢٦
		٤.٤	٠.٢٢	٦.٥	١.٤٣	٠.٨٧	١٩.٨	٠.١٥
٢	جرانيت/شست/مفلتات خشبية أحجامها بين ٣٠-٤٠ سم - سطح محدد طوله ١٥٠ م والحدار ٣٤ درجة	٩.٣	٠.٩٣	٢.٥	٢.٣٢	٢.٧٣	٢٩.٤	٠.٥٢
		٤.٠	٠.٤٠	٣.٥	١.٤٠	١.٢٣	٣٠.٨	٠.٢٠
		٦.٠	٠.٣٠	٤.٥	١.٣٥	١.٦٨	٢٨.٠	٠.١٨
٣	شست/جرانيت عار تماماً به فواصل خشبية مملوءة بالمواد الناعمة	١٠.٥	١.٠٥	٢.٠	٢.١٠	٤.١٥	٣٩.٥	٠.٥٣
		٥.٥	٠.٥٥	٢.٥	١.٣٨	٢.٢٥	٤٠.٩	٠.٢٥
		٥.٤	٠.٢٧	٣.٥	٠.٩٥	١.٩٣	٣٥.٧	٠.١٤
٤	حجر رملي خشن/عاري في بعضه والبعض عليه مفلتات خشبية ذات حجم من ٢٠-٤٠ سم طول السطح ٢٣٠ م والحدار ٢٨ درجة	٩.٤	٠.٩٤	١٠.٥	٩.٨٧	-	-	٠.٩٤
		٦.٠	٠.٦٠	٧.٠	٤.٢٠	٠.٣٠	٥.٠	٠.٥٠
		٥.٤	٠.٢٧	٦.٥	١.٧٦	٠.٩٤	١٧.٤	٠.١٩

٥	حجر جبرى مع صوان / مفتكتات	٩.٣	٠.٩٣	٣.٥	٣.٢٦	٢.٩٠	٣١.٢	٠.٤٨
	غشنة حجمها من ١٥-٢٠ سم /	٥.٥	٠.٥٥	٤.٠	٢.٢٠	٠.٩٦	١٧.٥	٠.٣٨
	طول السطح ٨٥ م والحداره ٣١ درجة	٦.٠	٠.٢٠	٧.٥	٢.٢٥	٠.٧٣	١٢.٢	٠.٢١
٦	سلود بجمالية نظيفها مواد التسم	١٢.١	١.٢١	٤.٠	٤.٨٤	٢.٥٦	٢١.٢	٠.٧٧
	احجامها من ٣-٧ سم / طول	٦.٣	٠.٦٣	٤.٥	٢.٨٤	١.١٤	١٨.١	٠.٥٥
	السطح ٢٠ م / والحداره ٣٠ درجة	٨.٤	٠.٤٢	٥.٥	٢.٣١	٢.٢٢	٢٦.٤	٠.٢٨

ويتضح من هذا الجدول أن نسبة الفواقد الأولية للتسرب مع بداية الأمطار قد تراوحت بين ١٧.٦% إلى ١٠.٥% من كمية الأمطار الساقطة، وبمتوسط عام ٤.٠% تقريبا، كما أن هذه النسبة تنخفض مع انخفاض كثافة المطر.

وقد تراوح وقت التباطؤ Lag-Time وهو الوقت الفاصل من بداية المطر وحتى يبدأ الجريان فى التوالد ، ويمثل الوقت الذى ترتفع فيه معدلات التسرب بين ٢-٥ و ١٠ دقيقة بمتوسط حوالى ٥ دقائق. ويلاحظ أن هذا الوقت يزيد مع انخفاض كثافة المطر كذلك. وقد بدأ الجريان فى الحدوث بعد هذا الوقت، عندما انخفض معدل التسرب ووصل إلى القيمة



شكل رقم (٧) العلاقة بين غزارة الامطار والقدرة
التسريبية والجريان

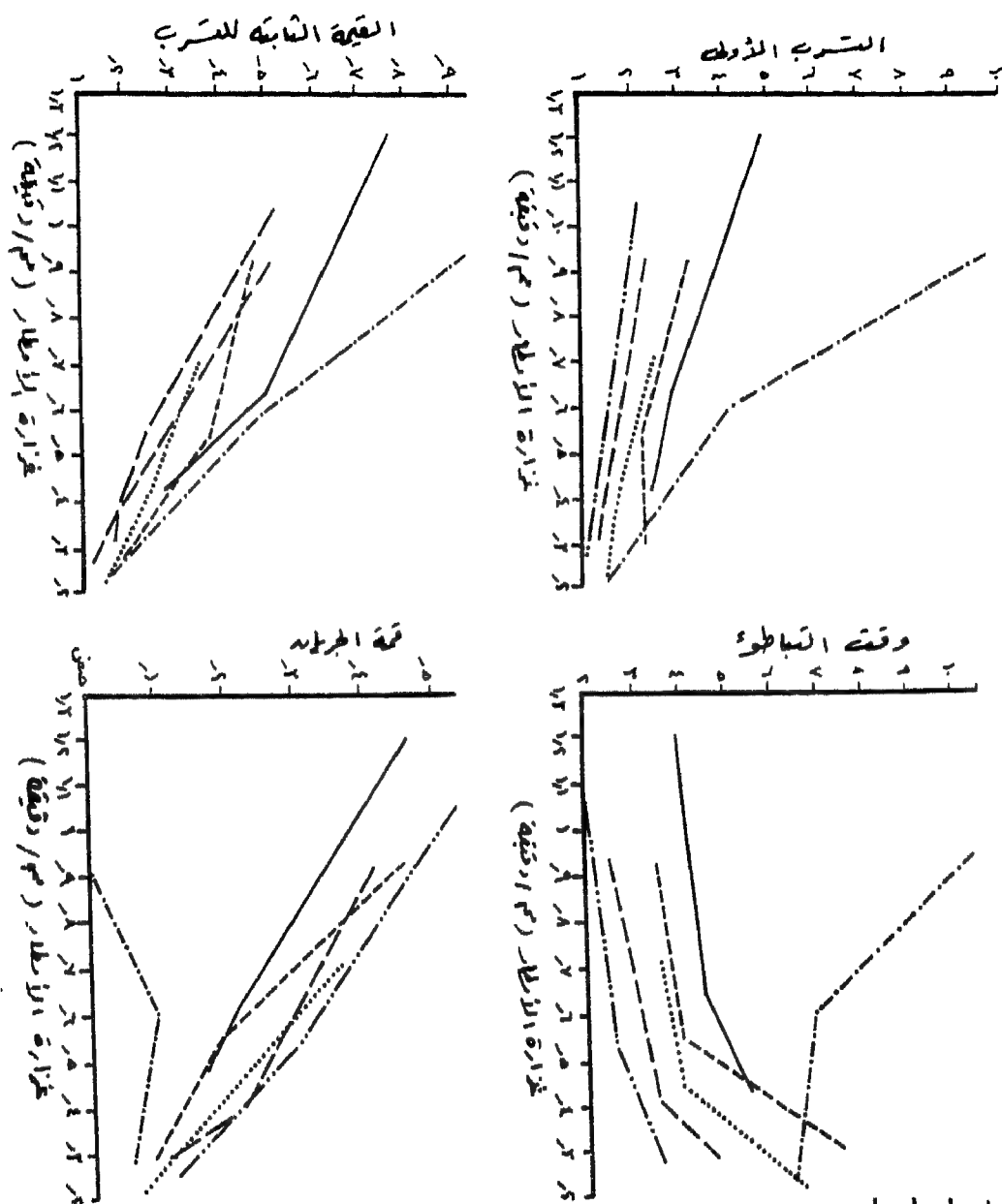
الثابتة والتي تراوحت بين ٠.١٨ - ٠.٩٤ مم/دقيقة، ومع هذه القيم زادت كثافة المطر، وأصبحت أعلى من معدلات التسرب، مما أحدث فائضاً أدى إلى وجود الجريان.

وقد كانت أسرع المناطق في حدوث الفائض، الذي أدى إلى توالد الجريان هي المحطة رقم (٣)، وذلك راجع إلى أنها تتكون من صخور عارية من الفتحات، وتتكون من الشست والجرانيت على حين كانت المحطة رقم (٤) أبطأ المحطات جميعاً في حدوث الفائض وتوالد الجريان، ويرجع ذلك إلى تكون السطح من الحجر الرملي الذي تغطيه الفتحات في بعض أجزائه.

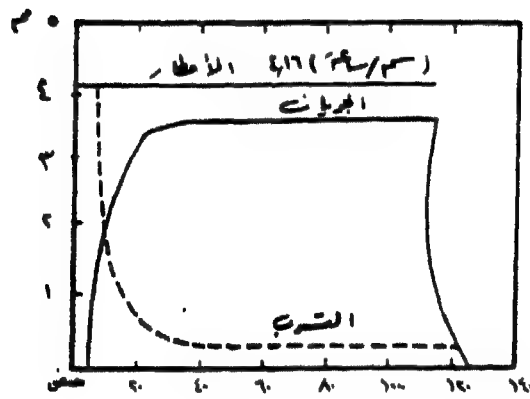
وتراوحت نسبة الجريان إلى الأمطار بين صفر وحوالي ٤١% وبمتوسط حوالي ٣٣%. ويوضح الشكل رقم (٨ - أ)، العلاقة بين درجة غزارة الأمطار والفواقد الأولية للتسرب ومعدلات القيمة الثابتة، وكذلك وقت التباطؤ وقمة الجريان (تبعاً لهورتون).

وفي صحارى أريزونا ونيومكسيكو كان معدل التسرب الثابت يتراوح بين ١٣ - ٤٣ سم/ساعة (أى ٢٢ - ٧٢ سم/دقيقة) في تربة تتكون من الرمال مع بعض الحصى واللوام مع الحصى، وهى أرقلم قريبة تماماً من التى وردت فى الجدول السابق.

كما يوضح الشكل رقم (٨ - ب) العلاقة بين التسرب وعمليات الانسياب السطحي Overland Flow، والذي استخدمت فيه أمطار صناعية ثابتة الكثافة. ومع ملاحظة أن هذا يختلف مع الطبيعة حيث أن



شكل رقم (٨ أ) العلاقة بين درجة غزارة الأمطار والفواقد
الأولية للتسرب ومعدلات القيمة الثابتة



شكل رقم (٨ ب)

السطحي

العلاقة بين التسرب وعمليات الانسياب

العواصف المطيرة -وكما سبق ووضح من مناقشة خصائص المطر- تتغير بسرعة زمانية ومكانية وكما ؛ وتبعاً لهذه الخصائص بالإضافة إلى الظروف الأخرى، فإن فائض الأمطار وتوالد الجريان ربما يحدث في جزء معين من حوض التصريف، وداخل هذه المنطقة وتبعاً لاختلاف كثافة المطر، وتحرك العاصفة المطيرة، وكذلك اختلاف معدلات التسرب بين جزء وآخر، فإن عملية توالد الجريان لن تكون موحدة داخل المنطقة.

والخلاصة أن حدوث الجريان يتوقف على معدل التسرب النهائي (أى القيمة الثابتة)، والتي يصل إليها التسرب فى خلال فترة وجيزة لا تتعدى الدقائق، كما وضح من الدراسات السابقة . وعندها ومع غزارة المطر وزيادتها عن هذا المعدل يبدأ فى حدوث الفائض، الذى يمثل بداية توالد الجريان. وتبعاً لقصر الفترة حيث يصل المعدل فيها إلى القيمة الثابتة، (وقت التباطؤ Lag-Time)، فإن هذا سوف يسمح بتوالد الجريان حتى خلال العواصف المطيرة القصيرة الأجل. ولكن يلاحظ أن هناك عدداً آخر من العوامل تتحكم فى عملية الجريان، وحدثها، وتواصلها أو انقطاعها، وهذا ما سيتم مناقشته فى الأجزاء التالية . وتبعاً لهذه العوامل فإن هناك احتمالاً لحدوث فائض وتوالد جريان فوق جزء معين ، ولكنه قد يفقد أو يضيع فيما بعد ، أو لا يصل إلى المجارى.

وبالإضافة إلى ما سبق يحسن العرض لبعض المعادلات الرياضية التى يمكن تطبيقها فى هذا المجال، ورغم كثرة هذه المعادلات إلا أن أفضلها وأنسبها للاستخدام فى الصحارى وأيسرها فى التطبيق تلك الخاصة بكركبى (Kirkby, 1976, 78 (Cocke et al 1985, p 219).

$$V = PB / (P-A)^2 \quad -١$$

$V = \text{volume stored}$ حيث أن

- وتعنى الحجم المخزون إلى النقطة التى تتساوى عندها درجة غزارة المطر مع المعدل النهائى للتسرب (القيمة الثابتة) والذي يبدأ بعده تكوين الفائض وبالتالى توالد الجريان.

$P = \text{The final precipitation}$ - درجة غزارة المطر
 - معدل التسرب النهائى
 $A = \text{The final constant (القيمة الثابتة)}$
 infiltrabil

$B = (P-A) / th$ حيث أن

$T_o = \text{the time-elapsed since the beginning of infiltration.}$

- أى وقت التباطؤ

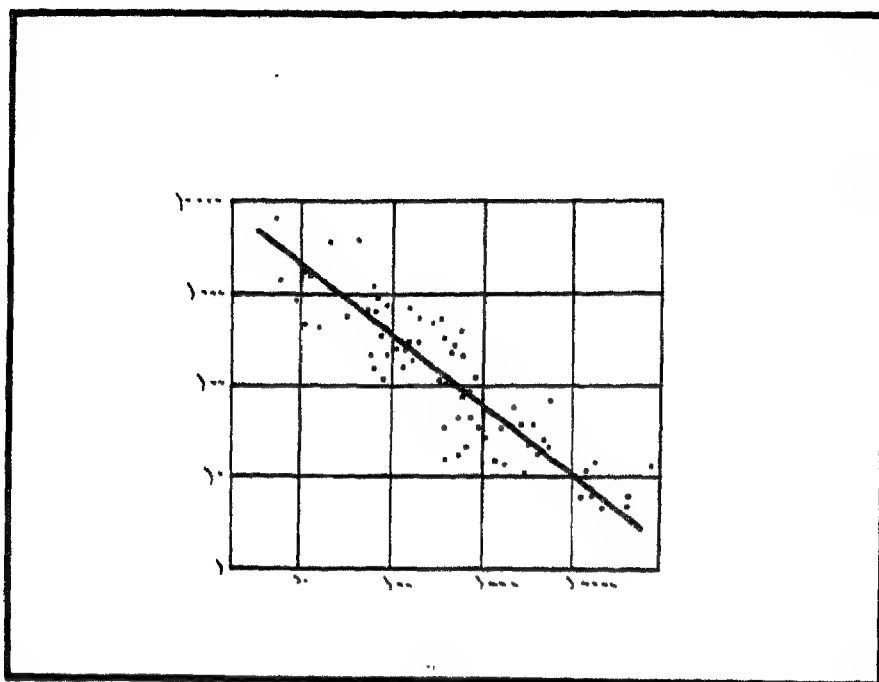
$N = \text{a constant which if equal to } 0.5 \text{ yields a curve similar to that of philip}$

- أى ثابت يساوى 0.5 الناتج طبقا لمعادلة فيليب

٣- أحواض التصريف:

يؤثر عدد من الخصائص والمتغيرات المختلفة الخاصة بأحواض التصريف على عملية الجريان في الصحارى، كما هو الحال في المناطق الرطبة، ومن أهم هذه الخصائص: مساحة أحواض التصريف، والتكوينات الجيولوجية والتربة داخله، وشكل الحوض، وانحدار سطحه، بالإضافة إلى بعض الجوانب الأخرى مثل نسبة التضرس والمنحنى الهيسومتري. وبالنسبة لمساحة حوض التصريف -وكما سبق أن وضح- فإن أغلب العواصف المطيرة لا تغطي إلا جزءا صغيرا من سطح الحوض، خاصة في الأودية كبيرة المساحة، وفي هذه الحالة فإن كمية الجريان تصبح ذات علاقة عكسية مع مساحة حوض التصريف شكل (رقم ٩).

وفي الأحواض الكبيرة المساحة تصبح عملية الجريان تبعا لخصائص المطر مقصورة على أحد الروافد، أو جزء معين من الحوض، دون بقية الحوض، وعلى ذلك يصبح وصول جريان هذا الرافد إلى الوادئ الرئيسى، أو وصوله إلى المصب رهنا بكمية الجريان والخصائص



شكل رقم (٩) العلاقة بين مساحة حوض التصريف وكمية
الجريان

المختلفة للرافد موضع الجريان. فإذا ما كان الجريان قويا فإنه قد يستطيع الوصول إلى منطقة مصب الوادى الرئيسى، إلا أنه يلاحظ عليه، أنه غالباً ما يكون ذا قمة أقرب للاستواء بمعنى أن الجريان هنا سوف يكون منتظم الكمية والسرعة وخالياً من وجود قمة.

إلا أن مشاركة أكثر من رافد فى وقت واحد فى عملية الجريان، قد يعمل على وجود قمة، تزيد خلالها سرعة وكمية الجريان عما هو الحال خلال بقية الجريان. فعلى سبيل المثال فى أحد السيول والذى جرى فى وادى وتير بسيناء، فى يناير ١٩٨٨ كانت مساحة أحواض الروافد الشمالية التى وقع فيها الجريان لا تمثل أكثر من ١/٤ المساحة الكلية لحوض الوادى التى تبلغ (٣٥١٣ كم^٢)، ورغم ذلك فإن عملية الجريان كانت من القوة بحيث شملت الوادى الرئيسى، ووصلت إلى خليج العقبة، واستطاعت تدمير الطريق الذى يحتل باطن الوادى، بالإضافة إلى عمليات التخريب الأخرى. وفى نفس الوادى فاض أحد السيول الكبيرة عام ١٩٧١ نتيجة الجريان فى أحد الروافد الصغيرة، لا تزيد مساحته عن ١٣ كم^٢ فقط.

وتتوقف عملية الجريان فى الأودية الكبيرة على نوع العاصفة المطيرة، ومقدار امتدادها وتغطيتها لسطح الحوض، فالعواصف المطيرة الانقلابية، رغم تميزها بالغزارة إلا أنها ذات أقطار مساحية صغيرة، وهذا يعنى أنها لن تغطى إلا جزءاً صغيراً من الحوض، وبالتالي فإن عملية الجريان سوف تتوقف على رافد أو أكثر من روافد الوادى. أما فى حالة العواصف الجبهية فإن الامتداد يكون أوسع مساحة، وبالتالي فإن هناك احتمالاً لأن تغطى مساحة أوسع، وتشمل أجزاء أكبر من الحوض. ولكن يجب ملاحظة موقع العاصفة من حوض التصريف، فمن المحتمل أن تكون

على موقع مشترك مع الأحواض المجاورة، وهذا يعنى قسمة الأمطار بين هذه الأحواض كل بقدر ما يصيبه من مطر. أما فى حالة وقوعها على حوض واحد، فإن ذلك سوف يؤدى فى أغلب الأحيان إلى حدوث جريان يتميز بالقوة، ويزداد قوة إذا ما كان موقع هذه العاصفة أقرب لمنطقة المصب، لقصر الرحلة التى قد يضيع جزء كبير من الجريان خلالها، إذا ما كان موقعها فى أعالى الحوض .

ويختلف الوضع فى حالة الأحواض الصغيرة المساحة حيث أن فعالية الجريان سوف تكون أكبر، تحت ظروف تغطية السطح بكامله بعاصفة مطيرة، فى أغلب الأحيان. وعلى ذلك فإن كثيرا من الدراسات تربط بين المتوسط السنوى للجريان، مع مساحة أحواض التصريف التى تقل مساحتها عن ٢٠٠ كم^٢، خاصة فى حالة عدم وجود اختلافات وتغيرات فى الانحدار، على سبيل المثال كانت العلاقة بين كلا المتغيرين فى صحراء المكسيك تحكمها المعادلة التالية.

$$\text{كمية التصريف } ٢٣٣ \text{ (سنة)} = ١٢ \text{ مساحة الحوض (٠.٧٩)}$$

كما يرى وولمان وجيرسون Wolman & Gerson أن الأحواض التى لا تزيد مساحتها عن ١٠٠ كم^٢ يمكن أن تعامل كما هو فى أنواع المناخات الأخرى، أى يمكن تطبيق المعادلات الرياضية الخاصة بالتصريف فى المناطق الرطبة عليها. أما فى حالة زيادة المساحة عن ١٠٠ كم^٢ فمن المستبعد أن تغطيها كلها عاصفة واحدة، وعلى ذلك فإن العلاقة بين الجريان والمساحة سوف تكون أضعف منها فى الأراضى الرطبة ولذلك يرى مابوت أن العلاقة ليست قوية فى حالة الأحواض

الكبيرة المساحة والأحواض الداخلية، حيث أن الجريان كثيرا ما يضيع في
رواسب قيعان الأودية الرئيسية.

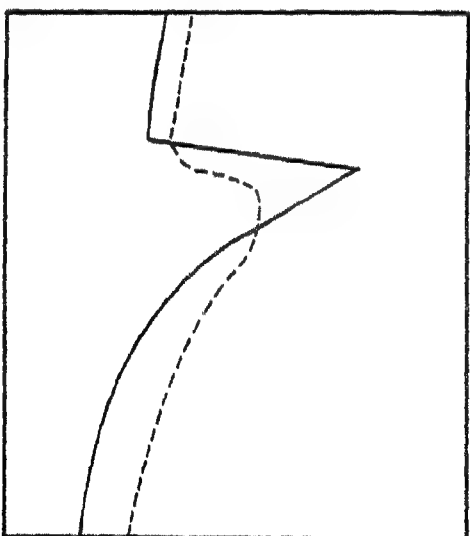
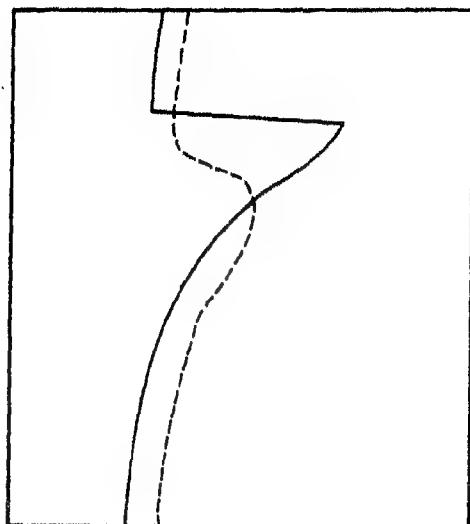
وتؤثر كل من التكوينات الجيولوجية والتربة على عملية الجريان،
فحيث توجد الصخور غير المنفذة، فإن الجريان يكون ذا قمة حادة كنتيجة
لقلة التسرب. أما في حالة الصخور المنفذة وكنتيجة للتسرب، والفاقد فلن
قمة الجريان تصبح مفلطحة في أغلب الأحوال شكل رقم (١٠).

كما تلعب الظروف البنيوية في الأحواض دورا بارزا في التأثير
على الجريان، وذلك من خلال تأثيرها على عملية التسرب، وانعكاسها
كذلك على شكل الحوض وانحدار السطح فيه، والتغيرات المختلفة، وكذلك
شكل المجارى وكيفية اتصالها بالوادي الرئيسى .

ويعتبر شكل حوض التصريف أحد العوامل التي تؤثر على عملية
الجريان وخصائصها المختلفة، حيث تؤثر على كمية الجريان، كما تؤثر
على ما يعرف بوقت الانتقال travel-time لأي نقطة مطر منذ سقوطها
على سطح الحوض وحتى وصولها إلى المجرى الرئيسى.

وبصفة عامة يمكن القول أن الأحواض المستديرة أو التي تميل
للاستدارة، تتجمع فيها مصبات معظم الروافد في منطقة واحدة (تمثل
المركز)، ومع حدوث عمليات جريان في هذه الروافد فإن الجريان يصل
غالبا إلى هذه المنطقة في وقت واحد أو متقارب، مما ينتج عنه فيضان
كبير وسريع في الوادي ويصنع قمة حادة.

وفي المقابل فإن الأحواض المستطيلة، أو التي تميل للاستطالة،
غالبا ما تكون روافدها قصيرة وتتصل بالوادي الرئيسى على مسافات
متباعدة من كلا الجانبين، وهذا ينعكس على عملية الجريان فالروافد
الواقعة على طول الأجزاء الدنيا من الوادي سوف تصرف مياهها للوادي

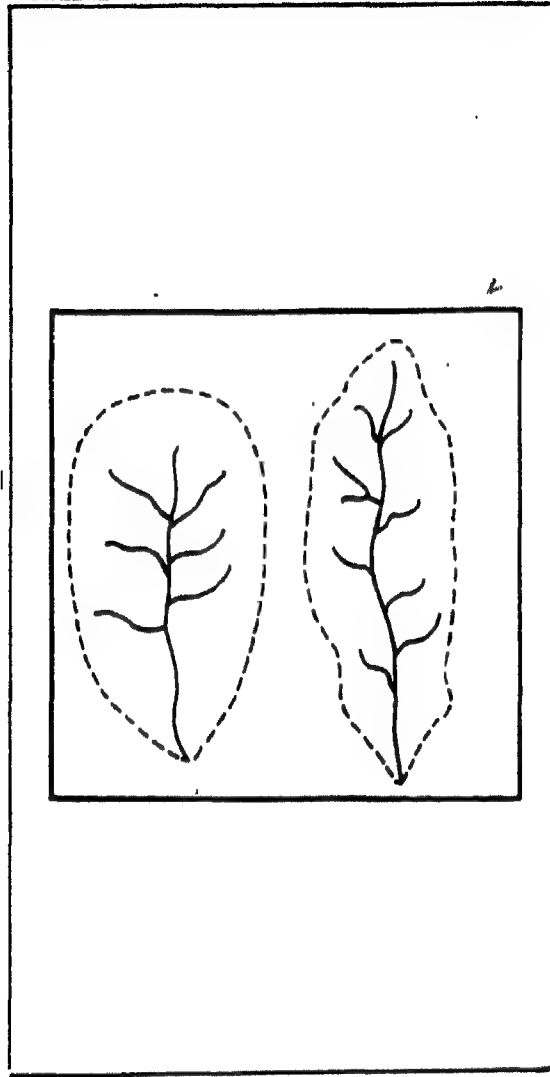


شكل رقم (١٠) العلاقة بين شكل وقسمة الجريان واختلاف
نوعية الصخور والتربة

الرئيسى، وبالتالي تصل إلى مصبه قبل وصول جريان الروافد الواقعة فى الأجزاء العليا من الحوض، مما يترتب عليه ضعف وانخفاض فى كل من كمية وسرعة الجريان، كما أن قمة الجريان تكون ضعيفة وغير حادة، والشكل رقم (١١) يوضح كلا النوعين من الأحواض.

وحتى إذا تساوى حوضان فى المساحة وفى كثافة التصريف واختلفا فى الشكل، فكان أحدهما يميل للاستطالة والآخر يميل للاستدارة، فإنه فى حالة الحوض المستطيل إذا ما سقطت أمطار وسببت جريانا فان هذا الجريان سوف يأخذ وقتا طويلا حتى يصل إلى نقطة خروجه من الحوض، نظرا لطول الحوض وطول مسافة الانتقال مما يصنع منحنى مائى زمنى Hydrograph عريض. على حين أن الحوض المستدير نظرا لوصول المياه من روافده فى وقت واحد؛ فان ذلك يؤدى إلى منحنى مائى زمنى ذو قمة حادة، كما ذكر من قبل. ويوضح الشكل (رقم ١٢) تأثير شكل الحوض على نظام الجريان.

وإذا ما أخذنا اتجاه إحدى العواصف المطيرة فى الاعتبار، وأنها تنتقل بين جزء وآخر، وأنها لا تغطى كل سطح الحوض فى وقت واحد، ففى حالة تحرك العاصفة على أحد الأحواض المستطيلة الشكل من المصب فى اتجاه المنابع فان قمم الجريان للروافد السفلى سوف تصل إلى نقطة (س) قبل جريان روافد الأجزاء الوسطى والعليا. وإذا ما انعكس اتجاه حركة العاصفة، وأصبح من المنابع فى اتجاه المصب، فان قمم الجريان للروافد سوف تصل إلى النقطة (س) فى وقت متقارب من جميع الروافد مما يصنع قمة واحدة عند هذه النقطة ويوضح الشكل (رقم ١٣) هذه العلاقة بين شكل حوض التصريف واتجاه العاصفة المطيرة.



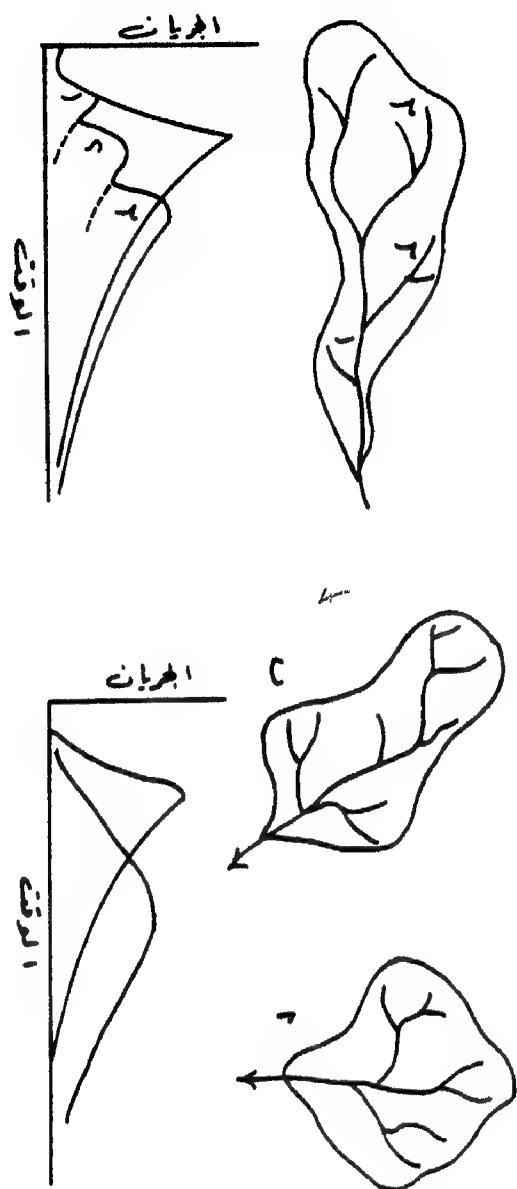
شكل رقم (١١) شكل احواض التصريف المستديرة
والمستطيلة ونقط التقاء الروافد داخلها

وبالنسبة لانحدار سطوح الأحواض فقد أوضحت العديد من الدراسات أن عملية الجريان لا تحدث بشكل منتظم فوق كل السفوح خلال وقت واحد، ويرجع هذا إلى تأثير اختلاف انحدار السطح، وبالتالي التغيرات في كل من سمك التربة وحجم المواد وما يترتب على ذلك من مقدار النفاذية.

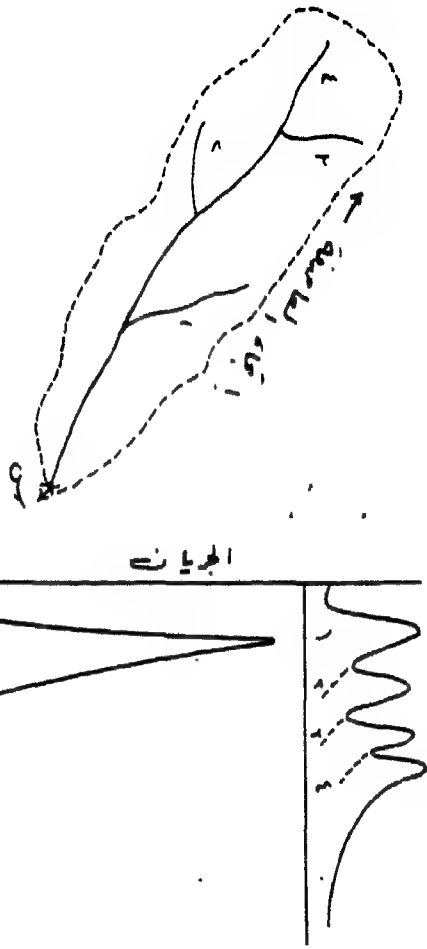
وبشكل عام فإن معامل التباطؤ (ويقصد به هنا الفترة المحصورة بين توالد الجريان ووصوله لبدايات المجارى المحددة) يكون مرتفعاً في حالة السطوح المنخفضة الانحدار، والأجزاء شبه المستوية بسبب انخفاض فعل الجاذبية الأرضية على هذه السطوح، وتؤدي مثل هذه الظروف إلى المزيد من الفواقد عن طريق التبخر والتسرب، مع تراكم المياه لمدة أطول. والعكس صحيح حيث تعمل الانحدارات الشديدة على انخفاض الفواقد ومعامل التباطؤ ؛ وبالتالي زيادة في سرعة وحجم التصريف، ويرى باولسن أن التسرب يزيد مع تناقص متوسط الانحدار.

وفي دراسة على إحدى المناطق الجافة بجنوب غرب الولايات المتحدة تبين أنها أن هناك علاقة قوية بين انحدار سطح الحوض، ووقت التباطؤ، كما أن النصف العلوى لحوض التصريف يعتبر أشد ارتباطاً من نصفه الأدنى. وهذا يوضح أن الجزء الأشد انحداراً من الحوض يعمل على ضبط وقت وقمة الجريان أكثر من فائض المطر الذي يحدث فوق الحوض.

كما تؤثر بعض الخصائص المورفومترية لشبكات التصريف على الجوانب الهيدرولوجية وخاصة عمليات الجريان تأثيراً واضحاً، ومن أهم هذه الخصائص : الرتبة- وإعداد المجارى -ومعدل التفرع- وكثافة التصريف- وأطوال المجارى.



شكل رقم (١٢) تأثير شكل الحوض على نظام الجريان



شكل رقم (١٣) العلاقة بين شكل حوض التصريف واتجاه
العاصفة المطيرة والجريان

فالأحواض التى تضم عددا كبيرا من المجارى تعتبر ذات كفاءة عالية فى عملية نقل الجريان، والعكس صحيح، وبشكل عام يميل التصريف فى المناطق الصحراوية إلى زيادة عدد المجارى فى الرتبة الأولى بدرجة كبيرة من المواد المفككة والمفتتات على السطوح وكذلك ندرة النبات الطبيعى، وهذا يعنى كفاءة عالية فى نقل الانسياب السطحي من السطوح المجاورة إلى المجارى، مما يساعد على سرعة نقل الجريان من جهة، وانخفاض نسبة الفواقد عما لو استمرت مدة أطول منتشرة على مساحة كبيرة فى شكل انسياب سطحي، من جهة أخرى.

كما أن زيادة عدد المجارى يعنى أن جزءا كبيرا من الأمطار الساقطة سوف تتلقاه هذه المجارى وهذا من شأنه أن يقلل كذلك من عمليات التسرب، عنه فى أجزاء الأحواض المحيطة بهذه المجارى.

ولمعدل التفرع علاقة بعمليات الجريان من خلال علاقته بشكل حوض التصريف، فالأحواض التى تميل للاستطالة غالبا ما ينخفض بها معدل التفرع، ولذلك تتأخر بها عمليات الجريان مع الوقت مما يعطى الفرصة لضياح جزء كبير من الجريان فى التسرب والتبخر، وهذا قد يعطى الفرصة لتغذية المياه الجوفية، وفى المقابل فإن الأحواض المستديرة يرتفع بها المعدل، وهذا يساعد على أن يتم فيها الجريان فى وقت قصير، مما يعطى قيمة قوية وحادة، ولذلك يحتاج هذا النوع من الأحواض إلى عمليات ضبط للجريان عن طريق بناء السدود، وتوخى الحذر عند استغلال الأجزاء الواقعة عند المصب بصفة خاصة، وعمل الدراسات اللازمة والأبحاث الضرورية لذلك.

كذلك فانه يمكن الربط بين كثافة التصريف، وكمية الجريان، وخصائصه الأخرى، وهذا ما وضع فى العديد من الدراسات التى تناولت

هذا الجانب ، على سبيل المثال كارلستون ربط بين هذين المتغيرين فى شكل معادلة كالتالى:

$$Q = 2.33 \text{ per-mi}^2 = 1.3 D^2$$

أى أن متوسط الجريان السنوى/ميل² = ١.٣ مربع كثافة التصريف فى الحوض.

وهذا يوضح قوة العلاقة بينهما، كما يعنى كذلك أن شبكة التصريف تلائم adjustment نفسها مع المتوسط السنوى للجريان .

كما يرى ملتون (Melton, 1958, p. 450) أن هناك ارتباطا بين كثافة التصريف ونسبة مساحة السطح العارى، وهذا يوضح أن كثافة التصريف تزيد فى المناطق الخالية من النبات -كما ذكرنا- فى الصحارى وخاصة فى السطوح العارية من المفتتات والمكشوفة، ويلاحظ أن هذه المناطق فى أغلبها عبارة عن مناطق جبلية شديدة الانحدار، مما يعنى أن هذه المناطق هى أكفأ أجزاء الصحارى لنقل مياه الجريان وأكثرها تجميعا وأقلها فقدا، وبالتالي فهى أكثرها خطورة على أوجه العمران خاصة وأن الجريان يتحرك بسرعة فى هذه الأجزاء، ومع ارتفاع الكثافة فإن وقت التباطؤ ينخفض بدرجة كبيرة كما تزداد قمة الجريان حدة.

كذلك فإن أطوال المجارى لها علاقة مباشرة بالجريان من خلال تأثيرها على المسافة التى يقطعها الجريان فى الروافد حتى يصل إلى الوادى الرئيسى أو فى الشبكة كلها حتى يصل إلى المصب، وبالتالي فإن زيادة متوسط الطول فى الرتبة الواحدة يعنى زيادة طول الرحلة بالنسبة للجريان وبالتالي زيادة طول الوقت والفواقد ومع زيادة الفواقد فى الأودية الطويلة فقد يؤدى ذلك إلى انقطاع الجريان وعدم تواصله، وفى المقابل

فان المجارى القصيرة يقل فيها طول الرحلة، وبالتالي ينخفض كل من الوقت والفواقد، مما يترتب عليه وصول الجريان بسرعة ودون فواقد تذكر.

وتتميز المجارى المتشعبة بأنها ضحلة قليلة العمق، ويزيد اتساعها كثيرا عن عمقها، وتميل إلى التعرج فى قطاعاتها الطولية فى شكل انحناءات واسعة فى معظمها، وتتكون قيعانها من مواد ناعمة غالبا رمال أو رمال مع حصى، كما تتكون جوانبها من مواد أكثر خشونة، وتؤدى مثل هذه الظروف إلى خفض سرعة الجريان وميله للتسرب، كما تعمل على زيادة فواقد الجريان نتيجة انتشار المياه فى أكثر من مجرى، وكذلك التسرب فى المواد والرواسب التى تغطى بطون وجوانب المجارى، مما قد يؤدى إلى انقطاع الجريان وضياعه فى هذه الأجزاء فى حالة السيول.

ولا شك أن هذه الخصائص تنعكس على الجريان الحالى، وتؤثر عليه تأثيرا مباشرا كما يؤثر الجريان أيضا على هذه الخصائص. ويعتبر كل من اتحدار وعرض وعمق المجرى، بالإضافة إلى شكل القاع من أهم الخصائص الجيومورفولوجية للمجارى، والتى تؤثر على عملية الجريان. وفى الصحارى يتناقص الاتحدار فى اتجاه المصب بدرجة أقل من تلك الخاصة بمجارى المناطق الرطبة، وقد ظهر ذلك واضحا فى عدد من الدراسات التى أجريت فى منطقة نيومكسيكو.

وتختلف العلاقة بين هذين المتغيرين نسبيا فى حالة السيول، فكثير من السيول المنخفضة لا يمكنها الوصول إلى المصب كنتيجة لضياعها عن طريق التسرب فى بطن الوادى، كما تقل كميتها وتنخفض سرعتها مع الاتجاه للمصب، أما فى حالة السيول القوية فيمكن أن ينطبق

عليها هذه العلاقة إلى حد بعيد. ويلعب موقع العاصفة على حوض التصريف دورا بارزا في هذا الجانب.

كما يختلف الانحدار في مجارى الروافد تبعا لموقعها داخل الحوض، فالمجارى الواقعة في المناطق المرتفعة أو مناطق المنابع، والتي غالبا ما تكون عبارة عن مناطق جبلية تتميز بشدة الانحدار والتقطع، تكون المجارى عميقة شديدة الانحدار، وهذا يعكس كفاءة هذه المجارى في نقل الجريان. ويزداد تأثير هذا النوع من المجارى في حالة إذا ما كان الحوض كله أو معظمه تسود فيه الارتفاعات والانحدارات، والتقطع، وفي المقابل فإن المجارى الواقعة في مناطق الأجزاء الدنيا، أو الواقعة في مناطق سهلية، أو أحواض تتميز بانخفاض الارتفاع والانحدار، والتقطع فيها، تتميز بانخفاض انحدارها، وغالبا ما تكون متسعة ويكون نقلها للجريان أقل كفاءة، كما تنخفض فيها السرعة بالإضافة إلى تعرضه إلى الضياع عن طريق التسرب والتبخر.

كذلك فإن انتقال المجارى من المناطق المرتفعة إلى السهول المجاورة يعكس التغيرات في الانحدار، وكنتيجة لهذا الانتقال المفاجئ، فإن انخفاضاً قويا في السرعة يحدث للجريان مما يؤدي إلى إلقاء هذه المجارى لما تحمله من رواسب، ومن ثم تصبح هذه الأجزاء مناطق لزيادة انخفاض كل من كمية وسرعة الجريان، كنتيجة لتسرب جزء كبير من المياه خلال هذه الرواسب، فضلا عن انخفاض السرعة الناتج عن التغير في الانحدار، وبالتالي تراكم هذه المياه فوق السطوح أو بطون المجارى، وتعتبر مناطق المراوح الفيضية أفضل الأمثلة لذلك، وقد تؤدي مثل هذه الظروف إلى انقطاع الجريان وعدم وصوله إلى المنصب.

والعمليات الجيومورفولوجية السائدة تحت ظروف الجفاف، والتي من أهمها عمليات التجوية الميكانيكية، وعمليات نقل المفتتات الناعمة من بين الخشنة سواء عن طريق الغطاءات الفيضية أو الرياح، تأثير على سمك وحجم المفتتات والرواسب فوق الصخر الأصلي ويؤثر ذلك على عملية التسرب، كما يؤثر على عمليات الجريان غير المركز وأيضا على الجريان المركز فى المجارى عن طريق نوعية وحجم الحمولة.

وتؤدى كذلك عمليات الجريان السيلى غير المنتظم والتي تتميز بالتغاير والتقطع فى الصحارى، إلى تشكيل وتغيير قيعان وجوانب الأودية والمجارى. فكتيرا ما تلقى هذه السيول بما تحمله من رواسب فى بعض أجزاء من قاع الوادى بعيدا عن المصب، خاصة فى السيول المنخفضة أو الضعيفة التى لم تستطع الوصول إلى المصب. كما أنه كثيرا ما تنقل بعض الروافد كميات كبيرة من الرواسب إلى المجارى الرئيسية، خاصة إذا كانت عملية الجريان مقصورة عليها، وتؤدى هذه الرواسب إلى زيادة التسرب فى بطون الأودية كما تعمل على إعاقة الجريان وتشتيته خاصة فى السيول الضعيفة.

وتعمل عمليات الجريان القوية على نحت الأجزاء المقعرة من جوانب الأودية مما يزيد من حدة الالتواء والتثنى فى هذه الجوانب. كما قد يكون لديها القدرة على نقل وتحريك بعض أشكال الرواسب على قاع المجرى للأمام مع حركة الجريان، ويؤدى مثل هذه المتغيرات إلى تغيير واضح فى اتجاه وسرعة التيار وسلوك الجريان.

كما تؤدى بعض العمليات البشرية التى تمارس فى هذه المناطق مثل الرعى الجائر والتحطيب، أو إقامة الحواجز والعقود أمام الجريان أو السدود الرملية، بالإضافة إلى عمليات الاستصلاح والاستزراع فى بطون

الأودية والمناطق السهلية، وعمليات الامتداد العمرانى خاصة العشوائى منها من جانب قاطنى الصحارى أو بواسطة الهيئات الحكومية تؤدى إلى تغيير كبير فى زيادة الفواقد أو خفضها، أو إعاقة الجريان، وعدم وصوله إلى الأجزاء الدنيا، وتعرض جزء كبير للتسرب.

ثانيا - الجريان

(أ) بداية الجريان:

عندما تزيد درجة كثافة الأمطار الساقطة عن معدل وكمية الفواقد وخاصة التسرب - نظرا لقلّة فواقد التبخر خلال فترة العاصفة - فإن فائضا من المياه يتكون على السطح، ومن ثم تصبح الفرصة مهيأة لبدء الجريان. وبصفة عامة يمكن ملاحظة التتابع التالي في هذه العملية:

١ - تتكون طبقة رقيقة من المياه على السطح، وتبدأ في الحركة على شكل انسياب مع اتجاه الانحدار العام.

٢ - تتجمع هذه المياه المناسبة في بعض المنخفضات في التدرجات الصغيرة والبرك الموجودة على السطح، أو ما يطلق عليه الخزن السطحي.

٣ - مع امتلاء هذه الأجزاء المنخفضة يبدأ الفائض منها في التحرك والانسياب.

٤ - ثم بعد ذلك يبدأ الانسياب في الوصول إلى المجارى الصغيرة والتي تنقلها إلى جداول أكبر، تنقلها بدورها إلى المجارى الأكبر وهكذا حتى تصل إلى الوادى الرئيسى.

وتتوقف كل من العمليات السابقة على عدد من العوامل ففى البداية يتوقف تكون طبقة المياه الرقيقة الناتجة عن الفائض بعد تشبع التربة أو السطح على العوامل السابق إيضاحها عند مناقشة التسرب. إلا أن درجة إنفاذ التربة ومعدل التسرب فيها ودرجة غزارة المطر الساقط عليها تعتبر أهم العوامل المؤثرة.

كما أن عملية الخزن السطحي تتوقف على طبيعة السطح، ومقدار التغيرات الدقيق فيه وتعتبر السطوح المستوية والقليلة التعرج والتغيرات من أنسب الأماكن لتكون هذه الطبقة وبدء تحركها، على حين أن كثرة السبرك والمنخفضات والتعرجات على السطح قد يؤخر من هذه الحركة ويحد منها ، كنتيجة لاستنزاف هذه الأشكال لجزء من المياه الفائضة ، وأنها تحتاج لوقت حتى يتم اتصال الأسطح ببعضها.

(ب) أشكال الجريان:

بعد تكون فائض المياه ومع بدء تحرك هذه الطبقة الرقيقة من المياه مع اتجاه الانحدار ، يبدأ ما يمكن أن يطلق عليه اسم الجريان. ويمكن تقسيم أشكال الجريان التي تتم في الصحارى على أساس شكلها وخصائصها المختلفة إلى الانسياب السطحي، والجريان المركز في المجارى.

١- الانسياب السطحي:

وهو الذى يتشكل مع بداية تجمع الماء فوق السطح كفائض بعد تشبعه، وبعد عملية الخزن السطحي ويبدأ في الحركة مع اتجاه الانحدار، ويكون ذلك في شكل غير مركز حيث يغطي جزءا واسعا من السطح، أو بمعنى أصح السفح، ويأخذ بذلك شكل الغطاء Sheet أو طبقة من المياه يتراوح سمكها بين ١٠-٣٠ مم، أو ربما أكثر ويظل على هذه الحالة حتى يصل إلى المجارى المحددة من الرتبة الأولى أو غيرها.

وخلال هذه المرحلة يمكن أن تتابع العملية فى عدد من الأشكال، تبدأ بتخلف الأمطار الزائدة عن عملية التسرب، ثم يغطى ما يقرب من ثلث السطح بالمياه، ثم يغطى السطح كاملا وبعدها يبدأ الانسياب فى التحرك.

ويغطى الانسياب السطحى المنطقة الواقعة بين خط تقسيم المياه وبداية المجارى الأولية (يقصد بخط تقسيم المياه هنا خط تقسيم المياه الرئيسى بالنسبة للحوض، وكذلك بالنسبة للأحواض الفرعية والصغيرة داخل حوض الودى). والذى تتجمع فيها المياه وتتحرك حركة مركزة. ويختلف سمك المياه أو عمقها فى الانسياب، كما يختلف طول المسافة التى يقطعها حتى يدخل المجارى، وتختلف كذلك السرعة التى يتحرك بها، وذلك تبعاً لعدد من الخصائص الجيومورفولوجية والهيدرولوجية، ويمكن تحديد طول الانسياب طبقاً للمعادلة التالية:

$$LO = 1/2Dd$$

حيث أن:

LO=length of overland طول الانسياب السطحى

كثافة التصريف فى الحوض

Dd = drainage density

ويتحرك الانسياب على السفوح تبعاً لشكل وخصائص هذه السفوح، وكذلك كمية المياه المتجمعة. فقد يكون فى شكل انسياب رقيق السمك وفى هذه الحالة فإنه يمكن تقدير عمقه عن طريق تطبيق معدلات

الجريان المركز في المجارى . كما قد يتحرك في شكل مضطرب ، وفي هذه الحالة فإنه يمكن تقدير عمقه عن طريق المعادلة التالية:

$$V = \frac{1}{n} \quad \text{DO.67 SO.50}$$

حيث أن:

V = The mean velocity (m/sc.)	متوسط العمق بالمتر
D = The mean depth (m)	متوسط السرعة م/ث
n = The Manning Resistance Coefficient .	معامل المقاومة لماتنج
S = The slope gradient (m/m)	معدل الانحدار م/م

وكما لاحظنا من قبل فإن الانسياب قد لا يتحرك في شكل غطاء، بل قد يتحرك على شكل أقرب إلى الخطوط غير المركزة التي تسترنح جانبيا، وقد يكون كذلك في جزء منه، وفي جزئه الآخر على شكل غطاء، ويعتمد ذلك على التغيرات الطبوغرافية السطحية الدقيقة Micro-topography وعلى ذلك تختلف سرعة الانسياب بين جزء وآخر، وتتراوح بين ١٠-٥٠٠ م/ساعة. وهذا يعنى أن انتقاله من قمة أحد السفوح والذي يصل طوله مائة متر حتى وصوله إلى مجرى وهو ما يعرف بوقت التباطؤ أو التأخير Lag-time يستغرق بين ٠.٢-١٠ ساعات. كما قد يتراوح بين ٠.٣-١٥ سم/ث ويصل تبعا لذلك إلى المجارى خلال عدة دقائق.

وفي دراسة على بعض أحواض التصريف في صحراء أريزونا ومناطق أخرى مجاورة، تراوح الوقت بين ٧-٤٦ دقيقة حتى وصلت مياه الانسياب إلى المجارى وتجمعت داخل هذه المجارى، وقد توقف ذلك على

عدد من العوامل أهمها السطح والخصائص الأخرى المختلفة لحوض التصريف.

لا تؤثر درجة غزارة المطر على عملية الانسياب، فمع وجود فائض بعد التشبع وامتلاء المنخفضات فإن الانسياب يرتفع بسرعة في شكل قمة حادة يتبعها انحدار سريع بعد دقيقة واحدة من انتهاء المطر. وعندما تتوقف الأمطار الغزيرة بشكل فجائي بعد تكون الانسياب، فإن ذلك يسبب تراجعاً سريعاً في المياه المتراكمة على السطح نتيجة صرفها إلى الأجزاء الدنيا من السفح وعدم تواصل تغذيتها.

كما يلاحظ أن عملية التسرب لا تتوقف تماماً وإنما تنخفض وتصبح شبه ثابتة كما سبق الذكر. ويختلف المعدل الثابت بين جزء وآخر على طول السطح الواحد كما يختلف بين مكان وآخر داخل الحوض. ويوضح الشكل (رقم ٨ أ و ب) العلاقة بين الانسياب والخزن السطحي، مع غزارة الأمطار، وطاقة التسرب، لإحدى العواصف المطيرة، المتغايرة في درجة الغزارة.

ونظراً للاختلافات في العوامل المؤثرة على وجود الانسياب فإنه لا يتم على مستوى الحوض في وقت واحد، أو المنطقة المعرضة للمطر، وكلما زادت المساحة زاد التغاير والاختلاف، كما يختلف أيضاً بين العاصفة والأخرى، طبقاً للمساحة التي تغطيها، ودرجة الغزارة في كل منها، والعوامل المؤثرة على عملية التسرب.

ويوضح (جدول رقم ٣) العلاقة بين الانسياب وكمية المطر الساقطة، من خلال معامل الجريان وهو يمثل (حجم الجريان مقسوماً على حجم الأمطار) ويمثل الحد الأدنى للنتائج صفر والحد الأعلى (١).

جدول رقم (٣) معامل الجريان في بعض المناطق الصحراوية

م	المكان	مساحة الحوض كم ^٢	النبات الطبيعي	التربة	معامل الجريان	المصدر
١	صحراء النقب	٠,٠٠٠٠٤	عاري	حصي	- ٠,٠٠٢ ٠,١٥	Yair and Klien 1973
٢	صحراء النقب	٠,١١	عشب	حصي- رمل	صفر - ٠,٨٨	Schick 1970
3	صحراء النقب	٠,٥٨	عشب	حصي رمل	صفر - ٢٥	" " "
٤	صحراء النقب	٠,٠٠٠٠٨	عاري	-	- ٠,١٤ ٠,٢٧	Yair and Klein 1973

المصدر : Dunne , 1978, p 235.

وإلى جانب العوامل السابقة التي تؤثر في عملية الانسياب، هناك بعض الظروف الأخرى التي قد تؤثر على عملية الانسياب في الصحراء رغم بساطتها، نذكر منها على سبيل المثال الطرق الترابية والمدقات، وأماكن حركة السيارات، أو الأراضي الزراعية حيث تعتبر من الأماكن التي يتولد عليها الانسياب أسرع من الأجزاء المجاورة.

وفي المقابل فإن المسطحات الرملية لا تساعد على حدوث انسياب سطحي إلا على نطاق محدود، وقد يحدث في هذه المناطق وخاصة في الأماكن بين الكثبان الرملية أو المنخفضات الرملية فائض من المطر وقد يتحرك لمسافة صغيرة تبعا للظروف، إلا أنه في أغلب الأحيان لا يكون بالقدر الكافي لإحداث عملية انسياب أو جريان منتظم.

٢ - الجريان المركز:

ويقصد به دخول الانسياب السطحي السابق فى مجارى محددة ، تكون غالبا من الرتبة الأولى أو من الرتب الأخرى. وفى هذه الحالة يكون الجريان محددًا ومركزا فى قنوات. وتبدأ هذه الجداول فى نقله إلى الجداول الأكبر، ثم الأودية والروافد المختلفة، حتى يصل إلى الوادئ الرئيسى. ومع عملية التجمع للمياه من الأودية الصغيرة إلى الأودية الأكبر تزداد وتتدفق بكميات وبسرعات عالية. وفى بعض الأحيان وتبعاً للظروف المختلفة فإن عملية الجريان قد تتركز فى الأجزاء العليا فقط من حوض الوادئ، ويتوقف ذلك على الظروف السابق إيضاحها ومن أهمها درجة غزارة المطر، حيث لا تكون كافية فى أحوال كثيرة لأن تصنع جريانا يصل إلى الأجزاء الدنيا من حوض التصريف، أو ربما يرجع إلى موقع العاصفة المطيرة فوق هذه الأجزاء دون بقية الحوض أو تحركها فى اتجاه معين، كما قد يضع الجريان فى التسرب فى حالة مقابلته لأجزاء تغطيها رواسب رملية أو فى بطون الأودية الواسعة

وعلى سبيل المثال فى دراسة على أحد أحواض التصريف الصغيرة بجنوب صحراء النقب وجد أن معدل التسرب فى الوادئ الرئيسى يتراوح بين ٠.٢-٠.٥ مم/دقيقة ، مما يعنى أن كل مرات المطر التى تقل أو تصل كثافتها إلى هذه الحدود سوف ينحصر جريانها فى الأجزاء العليا فقط، دون باقى الحوض، وفى حالة وصولها إلى الوادئ الرئيسى فإنها سوف تتعرض للتسرب والضياح.

وعلى العكس فانه فى حالة توافق الظروف، من حيث وجود عواصف مطيرة غزيرة وطويلة الأجل، وتغطى سطح أحد الأحواض التى تتميز بالارتفاع، والتقطع وشدة الانحدار والكثافة العالية للمجارى والشكل

المستدير، فى هذه الحالة سوف يكون الجريان قويا وسريعا ومخربا فى نفس الوقت لمظاهر العمران البشرى.

وقد توافرت بعض هذه الظروف فى أحواض التصريف بصحراء نيفادا (مساحته ٥٩ كم^٢) الواقع جنوب شرقى مدينة لاس فيجاس وكان ذلك فى عام ١٩٧٤م عندما غطت إحدى العواصف معظم حوض التصريف وبدرجة غزارة عالية وصلت إلى ما يزيد عن ٧٥ مم. ولمدة تزيد على ساعة كاملة، وكان اتجاه هذه العاصفة ناحية المصب وقد أدت هذه الظروف إلى حدوث جريان قوى امتلأت به الروافد، وسرعان ما وصل إلى الوادى الرئيسى. ويصف المؤلف هول المنظر عندما رآه بقوله: "اعتقدت لأول وهلة عندما رأيت مقدمة المياه تتحرك صوبى فى الوادى الرئيسى، أن الجبال قد تحركت، وأن الدهشة قد عقدت لسانى، ومنعتنى من الحركة لفترة ثوان معدودة، بعدها تيقنت أن حائطا من المياه يتحرك بسرعة وبارتفاع يتراوح بين ٢٠-٢٥ قدما ويجرف أمامه عددا من السيارات والبلدوزرات، وسرعان ما دمرت المياه الاستراحات، وأماكن المعيشة فى المنطقة".

ويصل مجموع ما استطاع أن يجرفه السيل فى هذه النقطة ما يقرب من ٧٠ ألف متر مكعب من المبنى. وقد استمر هذه السيل لفترة حوالى ١ ١/٢ ساعة، وبسرعة حوالى ٤ كم/ساعة. والأمثلة عديدة وكثيرة ومؤثرة، ولكن لا يتسع المجال هنا لسردها.

وتتميز السيول فى الصحارى بعدد من الخصائص التى تميزها عن الجريان فى المناطق الأخرى، لعل أهمها السرعات العالية حتى فى حالة السيول الضعيفة القليلة العمق، وما يدل على ذلك كفاءتها فى نقل كميات كبيرة من الرواسب من جميع الأحجام، حتى أنها تشتمل على الجلاميد

الكبيرة الأحجام فى أغلب الأحيان. ويوضح ذلك وصف ريك Riek لحركة المواد فى أحد السيول التى جرت قرب بحيرة جورج بجنوب شرق استراليا، حيث بدأ الجريان فى الروافد على شكل مياه صافية، تحرك أمامها كميات من الحصى الذى يغطى بطون الأودية وبعد فترة كان قطر المواد المتحركة يصل إلى حوالى ٦٠ سم، وأعقب ذلك مياه عكرة تحمل كميات كبيرة من الرواسب الناعمة، وقد حدث هذا التغير خلال الجزء الأول من العاصفة، وكنتيجة لعملية التشبع فى السفوح المجاورة فقد بدأت حركات الانزلاق، والتى كانت تتركز بصفة أساسية فى الأجزاء التى قوضها الجريان من جوانب الوادى، مما أدى إلى زيادة العكارة Turbidity والاضطراب.

وفى منطقة عبد الله بشمال الجزائر كان متوسط السرعة لأحد السيول ٣ م/ث ارتفعت أثناء فترة القمة إلى ما بين ٥-٧ م/ث. وفى وادى وتير بشرق سيناء تراوحت السرعة بين ٢٧-٥ م/ث فى أحد السيول التى جرت فى أكتوبر ١٩٨٧ وحوالى ٢٢ م/ث فى سيل إبريل ١٩٨٨ (تبعاً لقياسات وتقديرات مجلس مدينة نوبيع).

وفى وادى اليابس بالأردن كان معدل سرعة الجريان حوالى ٢٢ م/ث. ومما يدل على سرعة الجريان قدرة المياه على تحريك كتل وجليد قطرها يصل إلى ضعف عمق المياه الجارية.

ومن الخصائص التى تميز جريان السيول كذلك قصر مدة بقائها حتى أنها توصف بالومضية Flashy. نظراً لأنها لا تستمر إلا فترة زمنية قصيرة قد تصل إلى عدة ساعات أو ربما يوم واحد فى أغلب الأحيان.

فكما ورد فى مثال نيفادا السابق ذكره استمر الجريان حوالى الساعة ونصف الساعة. وفى مثال وادى وتير بسيناء -السابق كذلك،

استمر حوالى عشر ساعات منذ توالده فى الروافد العليا وحتى وصوله إلى خليج العقبة (فى سيل عام ١٩٨٧).
وفى العادة تتراوح الفترة الزمنية بين ١-٥ ساعات فقط.

كما تعتبر القمة الحادة للجريان من الخصائص المميزة للسيول فى الصحارى. وتظهر هذه القمة واضحة فى الارتفاع الحاد للشكل البيانى الذى يبين مسيرة الجريان (المنحنى الزمنى للتصريف). وخلال هذه القمة يتميز الجريان بكمية التصريف، وبزيادة كبيرة كذلك فى السرعة التى يتحرك بها، وتمثل هذه الفترة أخطر فترات الجريان وأكثرها قوة. وقد تظهر خلال الجريان الواحد أكثر من قمة واحدة، إذا ما امتدت فترة الجريان طويلة نسبيا وكانت الأمطار تسقط فى شكل متقطع، كما قد يكون ذلك راجعا إلى شكل الوادى إذا كان أقرب للاستطالة، أو يرجع إلى اتجاه العاصفة بالنسبة لتوجيه حوض التصريف.

ويختلف طول مدة قمة الجريان بين واد وآخر تبعا للظروف المختلفة، كما تزيد كمية الجريان بدرجة كبيرة عن باقى التصريف، ويختلف كذلك توقيت وجود هذه القمة وإن كانت غالبا أقرب لبداية الجريان.

وتتراوح مدة القمة فى أغلب الأحوال بين ١٠-٣٠ دقيقة .

أما بالنسبة لكمية التصريف خلال هذه الفترة فقد وصلت فى منطقة عبد الله بالجزائر -المثال الوارد سابقا- إلى ما بين ٤٠٠٠-٥٠٠٠ م^٣/ث وفى بنى عباس على نفس الوادى فى اتجاه مهبط الوادى (بعد عبد الله بحوالى ٢٠٠ كم)، كانت الكمية المنصرفة حوالى ١٠٠٠ م^٣/ث. وهذا يوضح التناقص الواقع فى الكمية مع الاتجاه ناحية المصب. وفى أودية

بيش ورابع (فى سفارة دفاليج) بالمملكة العربية السعودية تراوحت الكمية بين ١٠٠-٢١٠٠ م^٣/ث، ٢٠٠-١٨٠٠ م^٣/ث على التوالي. وفى أحد الأودية بتكساس فى الولايات المتحدة الأمريكية كانت الكمية ٤٧٥ م^٣/ث، وفى شرق صحراء سونورا كانت ١٠٥ م^٣/ث، وفى مثال استراليا السابق وصلت كمية الجريان أثناء فترة القمة إلى ١٢٠٠ م^٣/ث.

كما تتميز القمة بزيادة كبيرة فى سرعة الجريان ، حيث وصلت إلى ما يقرب من ١٠ م/ث فى منطقة طابا بسيناء.

وجدير بالذكر أن هذه السرعات والكميات الكبيرة ، وكما هو الحال فى الجريان ككل، كثيرا ما تتعرض للانخفاض نتيجة للتسرب مع الاتجاه والتحرك ناحية المصب، مع زيادة اتساع الوادى وزيادة سمك الرواسب.

وتزداد هذه الفواقد فى حالة الأودية الواسعة والطويلة، والتي تغطى قيعانها رواسب خشنة -كما سبق الذكر- مما يزيد من فواقد المنقولية Transmission Losses.

ومما لا شك فيه أن هذه العملية تؤدى إلى التغيرات الواضح زمانيا مكانيا فى الجريان، كما تمثل السبب الرئيسى فى انخفاض كمية وسرعة الجريان فى اتجاه المصب، كما تبدأ الفواقد وتزداد بدرجة كبيرة خلال المراحل الأولى للجريان، ثم تبدأ فى التناقص فيما بعد.

وقد تصل كمية الفواقد إلى مرحلة حدية، مما يترتب عليه ضياع وفقد الجريان فى الرواسب، فعلى سبيل المثال فى جنوب صحراء النقب لم تستطع أربع مرات جريان من سبع مرات الوصول إلى المصب، حيث ضاعت أثناء انتقالها خلال الوادى الرئيسى.

وفى شرق صحراء سونورا تراوحت كمية الفواقد بين ٨٠-٨٣% من حجم الجريان فى المنطقة.

بالإضافة إلى الخصائص السابقة فإن خاصية التكرار Frequency وعدم انتظامه، تعتبر من الخصائص المميزة للجريان فى الصحارى. وسوف يتم التعرض لهذه الخاصية خلال مناقشة موضوع إمكانية توقع الجريان فى الجزء التالى .

ثالثا - توقع الجريان:

الحقيقة أن عملية توقع الجريان السيلى فى الصحارى من أجل تفادى أخطاره أو استغلاله، تواجه بصعوبة بالغة، تنبع أساسا من عدة جوانب هى كالتالى:

١ - الجانب الأول يرجع إلى أن عملية الجريان -وكما رأينا فى الجزء السابق- يتحكم فيها عدد من العوامل التى كثيرا ما تتداخل، وتؤثر على بعضها وبطريقة يصعب معها الفصل بينها.

٢ - الجانب الثانى يتمثل فى قلة وأحيانا ندرة البيانات اللازمة والضرورية لعملية التوقع، وخاصة بيانات تسجيلات المطر، وقياسات الجريان، بالإضافة إلى النقص الواضح فى وفرة الخرائط والصور الجوية لاجزاء واسعة من الصحارى، وبالتالي ما يترتب على ذلك، ونتيجة لظروف أخرى، من نقص كبير فى دراسة أحواض التصريف، بالإضافة إلى غياب الجانب الجيومورفولوجى فى العديد من الدراسات القائمة، والتى تمت من قبل مما يعطى نتائج قاصرة .

٣ - الجانب الثالث ويتمثل فى القصور الواضح فى الأساليب الهيدرولوجية التى يمكن أن تعالج هذا الجانب رغم ذلك التقدم الواضح فى الدراسات العلمية والهيدرولوجية، وبصفة خاصة خلال العقدين الأخيرين. وذلك رغم الحاجة الملحة والضرورية لمثل هذه المعالجة، والتى تفرضها ظروف ضرورة استغلال هذه الصحارى والامتداد العمرانى فيها.

ويمثل الجزء التالي محاولة لاستعراض ومناقشة بعض الأساليب العلمية، التي يمكن استخدامها في عملية التوقع. والأمل معقود على أن تتاح بعض الأساليب التي يمكن استخدامها باطمئنان في هذا الجانب في المستقبل القريب.

وبشكل عام يلخص كوك (Cooke et al, 1985 p 238) عن تجربة واضحة وخبرة طويلة في الدراسات الصحراوية، أهم الأساليب التي يمكن إتباعها في إمكانية توقع الجريان السيلفي في الصحاري كما يلي:

١- في حالة توافر بيانات كاملة عن جميع الجوانب الهيدرولوجية فإنه يمكن استخدام ما يعرف بنماذج محاكاة الكمبيوتر (الحاسب الآلي)

The Computer Simulation Modles

٢- في حالة توافر بيانات لفترات طويلة، ولكنها غير كافية لاستخدام النماذج، فإنه يمكن استخدام بعض أساليب التقنية الهيدرولوجية مثل:

- تحليل المنحنيات المتحدة المحاور

Co-axial Correlation

- تحليل منحنى الوحدة الزمني

Unit-Hydrographic للتصرف

وفي حالة عدم توافر بيانات لاستخدام أساليب التقنية الهيدرولوجية، فإنه يمكن استخدام بعض المعادلات الرياضية، في عملية التوقع، والتي يمكن فيها استخدام بعض الجوانب المورفومترية والجيومورفولوجية مثل مساحة الحوض، أو الخصائص الهندسية للمجرى Channel Geometry. كما يمكن استخدام دلالة الرواسب وخاصة

احجامها. بالإضافة إلى الآثار الجيومورفولوجية الناتجة عن عمليات الجريان.

وفيما يلي محاولة لإيضاح إمكانية وكيفية تطبيق هذه الأساليب:

(أ) استخدام نماذج المحاكاة:

والنموذج باختصار عبارة عن استخدام طريقة رياضية، أو أكثر، لقياس متغير طبيعي أو أكثر، وتوقع سلوكه المستقبلي. ويعتبر تطبيق هذا الأسلوب في عمية توقع الجريان في الصحارى وكما هو الحال في الجهات الأخرى، يعتبر أفضل الأساليب المتاحة حتى الوقت الحاضر وأكثرها دقة، إلا أن صعوبة استخدامه وتطبيقه تأتي من حاجته لبيانات كاملة من جميع الجوانب وهو ما لم يتوافر في معظم أجزاء الصحارى خاصة في الأحواض الكبيرة المساحة.

وللتحايل على هذا النقص فإنه يمكن تطبيقه على بعض الأحواض الصغيرة، أو بعض الروافد التي تتوافر عنها بيانات، أو التي يمكن إجراء بعض القياسات عليها بسهولة، وفي مدة قصيرة لتوفير البيانات اللازمة للتطبيق. كما يمكن بشيء من الحرص، استخدام البيانات المتوافرة لبعض الأحواض المجاورة مع شرط توافر عنصر التجانس. وهذا ما يقره بعض المتخصصين.

وتتعدد النماذج وتتنوع تبعاً للغرض الذي توضع من أجله. ومدى محاكاتها للواقع والمنهج المتبع، كما تتغير طبقاً للمدخلات والمعايير الرياضية المستخدمة، بالإضافة إلى جهاز الحاسب الآلى المستخدم، وحتى يمكن الحصول على نتائج دقيقة وواقعية فإنه من الضروري استخدام البرامج المناسبة.

وبخصوص الجريان فهناك من النماذج ما يعالج عملية الاتسياب السطحي Overland Flow. ومنها ما يهتم بعملية الجريان فى المجارى (الجريان المركز) Flow in a stream channel، كما أن هناك ما يطبق على أحواض التصريف Drainage Basin.

وتعتمد فكرة النماذج على إعداد بيانات كاملة عن جميع الجوانب التى يجب أن تؤخذ بعين الاعتبار مثل الأمطار (وخصائصها المختلفة) والفواقد وعمليات الجريان المتاحة، والتى تم رصدها وقياسها للمنطقة موضع الدراسة. ثم استخدام المعادلات الرياضية الهيدرولوجية المناسبة لمعالجة هذه الجوانب عن طريق برنامج حاسب آلى يلم بهذه المتغيرات، ومن خلال هذه المعالجة يتم استنتاج التوقعات المطلوبة والنتائج المرغوب فيها. وبصيغة أخرى فانه يمكن القول أن هناك أربعة خطوات يتم عملها فى استخدام أسلوب النموذج هى كالتالى:

- ١- يتم فحص المشكلة الطبيعية فحصا كاملا.
- ٢- تستبدل المشكلة الطبيعية بمشكلة رياضية، أى بما يقابلها من الناحية الرياضية، أو بمعنى آخر تحول الجوانب الطبيعية التى تمثل عناصر المشكلة إلى جوانب رياضية ليكن التعامل معها.
- ٣- يتم حل المشكلة الرياضية باستخدام الأساليب والطرق الرياضية المقبولة.
- ٤- تفسر النتائج الرياضية فى شكل حل للمشكلة الطبيعية.

واستخدام النماذج يخضع لمعايير ومقاييس معينة كما أنه يقوم على أساس مناهج هيدرولوجية محددة. ولما كان استعراض طبيعة

النماذج وكيفية استخدامها تعتبر خارج نطاق هذه الدراسة، فانه يمكن الرجوع إلى دراسات:

a- Beston, R.P. and Ardis, C.V., (1978) pp 314-320.

b- Freeze, R.A. (1978) pp. 177-223.

وكلاهما موجود في: Kirkby, 1978 (في قائمة المصادر). والأول يعطى فكرة عن كيفية استخدام النماذج في أحواض التصريف، والثاني يناقش كيفية استخدام هذه النماذج في عمليات الانسياب السطحي. وجدير بالذكر أن هناك بعض الدراسات التي تم تطبيق واستخدام النماذج فيها في مناطق صحراوية، ومن أهم هذه الدراسات تلك التي أجريت في منطقة سد بوكر بفلسطين (Yair and Lavee, 1985, pp. 209-16). ولمزيد من الإيضاح والتعرف على استخدام النماذج في عملية توقع الجريان فانه يمكن إعطاء فكرة ملخصة عن هذا النموذج والذي كان يهدف أساسا إلى توقع الجريان في المنطقة والمناطق المجاورة والمشباهة. ويختص بعملية توالد الانسياب في هذه المنطقة الجافة، أو بمعنى آخر يجيب على سؤال متى يبدأ توالد الانسياب السطحي في المنطقة، تحت الظروف الطبيعية المعطاة؟.

وقد كان موقع التطبيق والتجريب لهذه الدراسة عبارة عن أحد السفوح الذي يتكون بصفة أساسية من الحجر الجيري. وقد اتبع هذا النموذج المنهج الهورتوني Hortonian Approach الخاص بالانسياب السطحي، والذي يقوم على أساس أن عمق المياه في وقت معين وفي نقطة معينة يمكن الحصول عليه باستخدام المعادلة التالية:

$$D = (P + \text{Runin}) - (I + E + \text{Runout})$$

حيث أن:

D = Water depth

عمق المياه

P = The direct rainfall

الأمطار المباشرة

Run-in
runoff contribution from the slope above the point of measurement.

كمية الجريان التي يساهم بها السطح فوق نقطة القياس.

I = the infiltration rate

معدل التسرب

E = the evaporation rate

معدل التبخر

Runout = runoff outflow

الجريان الخارج (من هذه النقطة).

ونظرا للتغيرات المكانية بالنسبة للجوانب والمتغيرات المختلفة على طول السطح، فقد تم تقسيم هذا السطح إلى جزأين: كل منهما يعتبر متجانسا داخليا في هذه المتغيرات، وهي عبارة عن الأمطار والقدرة التسريبية والرطوبة السائلة، وبطبيعة الحال لم يكن العرض متساويا في كلا الجزئين، وقد تم تحديد الخصائص الثابتة في كليهما والتغيرات في الانسياب تبعا لذلك. كما أخذ التغيرات الزماني للمطر خلال العاصفة في الاعتبار.

وقد أدخلت المتغيرات التالية إلى الحاسب الآلي:

١- درجة غزارة المطر (مم/دقيقة-١) **rainfall Intensity**
mm/min

وقد أدخلت درجة غزارة المطر فوق السطح خلال العاصفة من حيث تغيرها الوقتي والمكاني، في كلا جزئي السطح المشار إليهما. وقد تم رصد المطر من خلال ١٩ مقياس.

٢- معدل التسرب (مم/دقيقة -١)

وقد استخدمت فيه الأمطار الصناعية التى تماثل الأمطار الطبيعية تماما. وقد تم قياس التسرب فى منطقتين مختلفتين فى خصائصهما، وكانت المنطقة الأولى عبارة عن سطح عار تماما Bare-bedrock والأخرى يغطى السطح فيها بمفتتات.

وقد تم القياس تحت ظروف الجفاف والرطوبة، وتحت درجة غزارة مطر ٢٦ مم/ساعة . ويستمر ذلك حتى يصل المعدل إلى أدنى حد له (القيمة الثابتة)، ومن خلال النتائج أمكن رسم منحنيات للتسرب فى كلا الجزئيين، ووضعت خريطة تفصيلية لكليهما توضح التغيرات الدقيق فى التسرب تبعا للدراسة.

٣- معدل التبخر (مم/دقيقة - ١) Evaporation Rate mm/min
وقد أمكن رصد التبخر عن طريق استخدام اثنين من أحواض التبخر Evaporation Pans، أحدهما وضع عند قاع السفح، والآخر وضع فى الوسط تقريبا .

وقد أوضحت هذه الدراسة أن التبخر الممكن Potential Evaporation خلال العاصفة وحيث تقل الحرارة، وحيث تغطى المنطقة بالسحب، ليس له تأثير على علاقة الأمطار بالجريان وعلى ذلك فإن التبخر الممكن لم يدخل النموذج.

٤- رطوبة التربة Soil Moisture
نظرا لأهمية الرطوبة السالفة للتربة على توالد الجريان، فقد تم قياس الرطوبة فى أماكن مختلفة على طول السفح عن طريق عينات من التربة فى كل مرة مطر تزيد عن ٢ مم. وقد تم إعادة القياس فى نفس المواقع على فترات ٧، ١٤، ٣٠ يوما بعد العاصفة، وقد كانت هذه العينات على عمق ٣ سم من سطح التربة، نظرا لأنها

تمثل الطبقة الأكثر تأثيرا على توالد الجريان، والأكثر تأثيرا فى حالة الأمطار القصيرة الأجل. وقد أمكن من خلال البيانات التى تم تجميعها، عمل منحنيات لرطوبة التربة، كما تم عمل حساب التغاير فى الرطوبة خلال العاصفة طبقا للمياه المتسربة. وقد تم مقارنة النموذج مع الأشكال البيانية الحقيقية والتشبيهية للجريان، والتى أمكن الحصول عليها من إحدى عشر عاصفة (تبعاً للقياسات التجريبية والعملية التى أجريت فى هذه المنطقة)، بالإضافة إلى التحليل الإحصائى لكل من كميات الانسياب لنفس العاصفة .

وبعد المعالجة الرياضية للبيانات السابقة عن طرق المعادلة أو النموذج الهورتونى باستخدام برامج الحاسب الآلى الخاص بتوالد الانسياب والوارد فى بداية الدراسة. كانت النتائج كما يلخصها الجدول التالى جدول رقم (٤).

جدول رقم (٤) تأثير خصائص المطر وطول السفح على توالد الانسياب تبعاً للنموذج

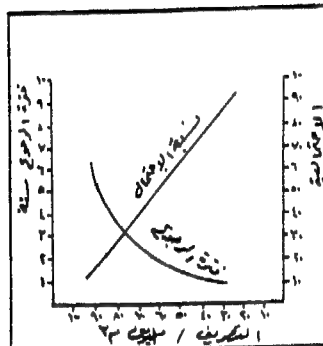
درجة حرارة المطر	٣م/ساعة	٦م/ساعة	٩م/ساعة	١٢م/ساعة
طول فترة لبقاء بالدفق	٦٠-٤٥-٣٠-١٥	-٤٥-٣٠-١٥ ٦٠	-٤٥-٣٠-١٥ ٦٠	٦٠-٤٥-٣٠-١٥
طول السفح				
١٥ متر	-٠-٠-٠-٠	٠,٦١-٠-٠-٠	-٦٨,٦-٠-٠-٠	-١٤٠,٢,١-١١٠,٥-٠ ٣٣٧٢,٤
٣٠ متر	-٠-٠-٠-٠	٠,٦١-٠-٠-٠	-١١,٤-٠-٠-٠	-٦١٠,٢-١٠١,٢-٠ ١٢٤٢,٣
٤٥ متر	-٠-٠-٠-٠	٠,٦١-٠-٠-٠	-١٣٢,٢-٠-٠-٠	-٨٦٤,٦-١١٠,٥-٠ ١٨١٨,٦

الاحتمالية فانه يمكنه التعرف على درجة احتمال جريان هذه الكميات خلال
الفترات الزمنية المقابلة. ويوضح (جدول رقم ٥) التكرارات المتجمعة

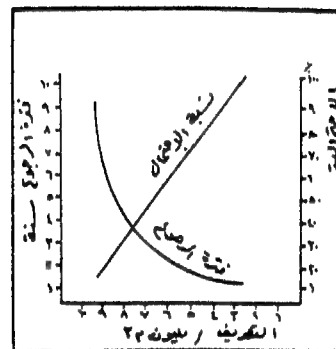
جدول رقم (٥) كميات التصريف وتكرار الفترات الزمنية الفاصلة
والاحتمالية في بعض اودية الاردن .

الوادي	كمية الجريان مليون م ^٣	فترة التكرار بالسنة	الاحتمال
العرب ١٩٧٥-٢٩	٢٠-١٨,٠٦	١,٠٩-١,٠٢	٠,٩١-٠,٩٨
	٢٨,٩١-٢٠,٧	١,٣٣-١,١٢	٠,٧٥-٠,٨٩
	٣٨,٢٧-٣٠,٧٢	٦,٦٦-١,٣٦	٠,١٥-٠,٧٣
	اكثر من ٤٠	٣٣,٣٣-٧,٦٩	٠,٠٣-٠,١٣
الزرقاء دير العلا ١٩٧٤-٥٠	٢٦,٤٢-١٠,١٧	١,١٩-١,٠٤	٠,٨٤-٠,٩٦
	٣٣,٨٧-٣١	١,٣١-١,٢	٠,٧٦-٠,٩٠
	٤٧,٦٥-٤٤,٩٧	١,٥٦-١,٣٨	٠,٦٤-٠,٧٢
	٥٧,٨-٥١,١٨	١,٧٨-١,٦٦	٠,٥٦-٠,٦٠
	٧٧,١٠-٦٠,٤٠	٣,٥٧-١,٩٢	٠,٢٨-٠,٥٣
	٨٨,٢٠-٨٠,٦٩	٦,٢٥-٤,١٦	٠,١٦-٠,٢٤
	اكثر من ١٠٠	٢٥-٨,٣٣	٠,٠٤-٠,١٢
زقلاب ١٩٨١-٦٧	٩,٩٠ - صفر	٦,٣٥-١,٠٨	٠,١٨-٠,٩٣
	١٠,١٢ - فاكثر	١٦,١٣-٨,٠	٠,٠٦-٠,١٢
اليابس ١٩٧٥-٤٦	٤,٥-١,٢	٢,٨٥-١,٠٣	٠,٣٥-٠,٩٧
	٧,٢-٥,٠	٢٥,٠-٣,٢٢	٠,٠٤-٠,٣١
شعيب ١٩٧٤-٥٠	٤,٨٦-٢,٦٦	١,٣٦-١,٠٢	٠,٧٣-٠,٩٨
	٩,١-٥,٠	٨,٣٣-١,٤٢	٠,١٢-٠,٧٠
	١٥,٤-١٠,٧	٣٣,٣٣-١١,١١	٠,٠٣-٠,٠٩
الولا ١٩٨٣-٦٣	٩,٣٥-١,١٣	١,٨٨ -١,٠٥	٠,٥٣-٠,٩٥
	١٣,٩٦-١٣,٠٨	٢,٣٢-٢,٠٨	٠,٤٣-٠,٤٨
	٨٠,٩٥-٢١,٦٣	٢٠,٠-٢,٥٦	٠,٠٥-٠,٣٩

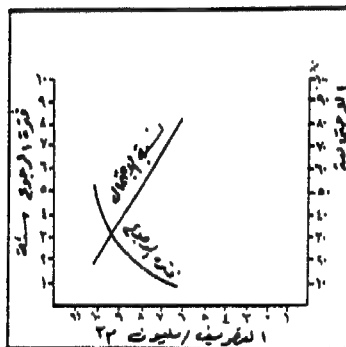
الصاعدة مع الفترات الزمنية الفاصلة لبعض الأودية في الأردن مع
توضيح درجة الاحتمالية وشكل رقم (١٤) كمثال:



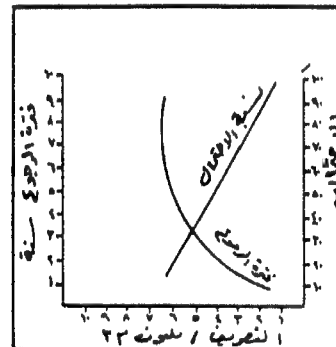
وادي الزرقا - ديرعلا ١٩٧٢ / ٥٠



وادي السعيد ١٩٧٤ / ١٢



وادي السعيد ١٩٨١ / ٦٧



وادي السعيد ١٩٧٤ / ٦٦

شكل رقم (١٤) التكرارات المتجمعة والفترات الفاصلة

والاحتمالية للجريان في بعض اودية الاردن

ومن الواضح أن تكرار الكميات الصغيرة من الجريان يتم خلال فترات قصيرة، وتزيد هذه الفترات مع زيادة الكمية، حيث تصل إلى فترات طويلة أكثر من ١٠ سنوات، وأحيانا تزيد عن ٢٠، ٣٠ سنة، فى حالة الكميات الكبيرة جدا أو الشاذة. كما تقل نسبة الاحتمالية مع زيادة الكمية. وتعتبر قمة الجريان ذات أهمية خاصة فى الجريان السيلى بالصحارى حيث تتصرف فيها كميات كبيرة من الجريان كما تزيد بها السرعة بدرجة واضحة. ولذلك فلا بد من التركيز عليها بصفة خاصة فى أى دراسة تقوم على الجريان وعملية توقعه. ويوضح الجدول (رقم ٦) تكرار كميات الجريان خلال فترات القمة والفترات الزمنية الفاصلة بينها لبعض الأودية الصحراوية بالمملكة العربية السعودية Water Atlas of Saudi Arabia 1984 p 39 كمثال كذلك على استخدام أسلوب التكرار فى عملية التوقع والتي يجب أن لا تقتصر على متوسط الكمية فقط.

جدول رقم (٦) كميات الجريان خلال فترات القمة والفترات الفاصلة لبعض الأودية بالسعودية .

الوادي	الجريان م ^٣ /ث	فترة التكرار بالسنة
وادي بيش ١٩٨٢-٧٠	١٢٠-١٠٠	١.١-١.٠١
	٤٠٠-١٢٠	٢.٠-١.١
	١٢٠٠-٤٠٠	٥-٢.٠
	٢٠٠٠-١٢٠٠	١٠-٥
	أكثر من ٢٠٠٠	٢٠-١٠
وادي خولب ١٩٨٢-٧٠	١٥٠-١٠٠	١.١-١.٠١
	٣٠٠-١٥٠	٢-١.١
	٨٠٠-٣٠٠	٥-٢
	١٥٠٠-٨٠٠	١٠-٥

٢٠-١٠	١٩٠٠-١٥٠٠	
٢-١.١	٤٠٠-١٠	وادي رايغ
٥-٢	٨٥٠-٤٠٠	١٩٨٢-٧٠
١٠-٥	١٣٠٠-٨٥٠	
١٦-١٠	١٥٥٠-١٣٠٠	
١.١-١.٠١	-	وادي خابكة
٢-١.١	-	١٩٨٢-٧٠
٥-٢	١٠٠-١٠	
١٠-٥	٢٠٠-١٠٠	
٢٠-١٠	٢٥٠-٢٠٠	
١.١-١.٠١	-	وادي سفارة
٢-١.١	١٥٠-١٠	دغاليج
٥-٢	٧٥٠-١٥٠	١٩٨٢-٧٠
١٠-٥	١٥٠٠-٧٥٠	
٢٠-١٠	١٨٠٠-١٥٠٠	

ويوضح الجدول كذلك أن تكرار المعادلات المنخفضة يتم بسرعة لقصر الفترات الفاصلة بينها، وتزيد هذه الفترات الفاصلة مع زيادة المعدل حتى تصل إلى ما بين ٢٠-١٠ سنة في حالة القيم العالية جدا والشاذة. ومن خلال هذه الجداول يمكن استنتاج وتوقع جريان أية كمية تصريف، وكذلك المعدل خلال فترة القمة لأي فترة زمنية. إلا أنه يجب ملاحظة ضرورة وجود تسجيلات مستمرة لعمليات الجريان، وكلما كانت هذه التسجيلات كاملة وفترات طويلة كلما أعطى ذلك الفرصة للتعرف على سلوك الجريان في الوادي ، وبالتالي كان التوقع أقرب للواقع.

ولما كانت السيول الكبيرة تمثل خطرا قويا على النشاط البشري فانه يمكن توقعها عن طريق ربطها بكميات المطر الغزيرة الطويلة الأجل وتكرارها، وهو ما يعرف بأقصى كميات مطر محتملة (PMP) (عن

طريق ما تم تسجيله خلال فترات سابقة) Probable maximum precipitation. خاصة وأنها غالبا ما تحدث في شكل دورات Cycles. وإذا ما عرفت خصائص هذه الدورات وكيفية تكرارها فإنه يمكن توقع حدوث الجريان. وقد اعتمد على هذه الطريقة في العديد من الدراسات (Ward 1975, p 291) وللمزيد من الدقة في عملية التوقع فإنه يمكن ربط المتوسط السنوي للجريان، ببعض الجوانب الأخرى، مثل مساحة حوض التصريف أو خصائصه المختلفة، بالإضافة للمتوسط السنوي للأمطار . Osborn, 1976, p 146-47

وبشكل عام توضح معظم الدراسات السابقة أن عملية الجريان يمكن أن تحدث كل عام، لكن بشكل منخفض، على حين تحدث السيول الكبيرة كل ٣ سنوات تقريبا في المتوسط، بينما تقع القوية جدا منها مرة كل عشرة سنوات تقريبا (Cooke, et al 1985 p 243) .

٢- أساليب أخرى:

ومن أهمها تحليل المنحنى الزمني للتصريف وهو يفيد في التعرف بصفة خاصة على خصائص وطبيعة الجريان في الوادي، كما يمكن أن يعطي فكرة واضحة عن سرعة وصول مياه الجريان للمجاري، ويوضح شكل القمة، والجناحين في الرسم البياني لطبيعة وقوة الجريان، كما يمكن من خلال الربط ببعض الجوانب المورفومترية لحوض التصريف استنتاج بعض الخصائص الهيدروليكية المفيدة في الدراسة (Ward , 1975 p. 258) .

أما بالنسبة للأشكال المتحدة المحور والتي ترسم فى أشكال بيانية توضح عدة جوانب فى وقت واحد فانها تعتبر مفيدة ولكنها تحتاج إلى بيانات كاملة وطويلة. وعلى ذلك لم يتم التعرض إليها فى هذا الجزء.

(جـ) فى حالة عدم توافر بيانات عن المنطقة:

هناك عدد من الأساليب التى يمكن استخدامها لتوقع الجريان يلخصها أوسبورن فى الشكل التالى (Osborn, 1976, p. 144 :

بعض الاساليب التى يمكن استخدامها فى عملية توقع الجريان

المدخلات	التحليل	الطريقة	الخرج
متوسط ادنى او الجريان السنوى مقدرا ٢-٣ مرات جريان.	متوسط ٣ ن = الجريان جريان ٢ المنخفض منطقة مجاورة	يمكن استخدام الجريان فى منطقة مجاورة	--
١-اطوال المجارى ١- مساحة الحوض ١-تضرس الحوض ١-جريان مناطق	يتم ربط جريان المجاورة مع ابعاد المنطقة مع منطقة الحوض السابقة الدراسة مجاورة	ربط الخارج فى المنطقة مع منطقة الدراسة نموذج لابعاد الحوض	
مساحة الحوض - متوسط الارتفاع - النبات الطبيعى - التساقط -	تحليل احصائى - الجريان تابع - مع الخارج - مستقل مع ابعاد -	استخدام الجريان فى المنطقة المجاورة للحوض (خطوط انحدار مبين عليها الدخل والخرج فى المنطقة)	

التربة	-	الحوض	-
الحرارة	-	او مناطق مجاورة	-
متغيرات اخرى	-		
الجريان (فى المنطقة)			
بيانات حقلية	-	عمليات طبيعية	- استخدام النماذج الرياضية
ومعادلات مع	-	تشابه المكونات	- (على اساس المنهج
معاملات تجريبية	-	الهيدرولوجية	- الحتمى)

بالإضافة إلى ذلك فهناك العديد من المعادلات الرياضية التى يمكن تطبيقها بسهولة فى الصحارى فى حالة عدم توافر بيانات كافية، وتستخدم فيها الجوانب المورفومترية الخاصة بأحواض التصريف، وشبكة التصريف أو الخصائص الأخرى، وهى بيانات يمكن الحصول عليها بسهولة من الخرائط والصور الجوية أو الدراسة الميدانية، وفيما يلى بعض المعادلات التى يمكن استخدامها فى هذا المجال:

١- عن لانسلى

$$Q = 99 A^{0.16}$$

أو الجريان قدم^٣/ث = ٩٩ مساحة حوض التصريف (بالأميال المربعة)
حيث أن:

$$Q = \text{discharge in Ft}^3/\text{sec.}$$

كمية التصريف قدم^٣/ث

$$A = \text{Catchment area in Sq. miles.}$$

متوسط السرعة م/ث

أو

٢- عن (Hichock and Others, 1959, p.610)

$$(a) TL = K_1 [A^{0.3} / S_a - Dd]$$

حيث أن:

$$TL = \text{lag time}$$

- وقت التباطؤ

- متوسط انحدار حوض التصريف
 $S_a = \text{average slope of}$

- كثافة التصريف
 $D_d = \text{drainage density}$

$K_1 = \text{Coefficient dependent on units used}$

- معامل يعتمد على الوحدات المستخدمة (في هذه الدراسة كان المعامل هو ١٠٦).

$$Q \ P/V = K_3 / TL \quad (h)$$

حيث أن:

- معدل قمة الجريان
 $OP = \text{Peak rate of runoff}$

- اجمالي حجم الجريان
 $V = \text{Total volume or runoff}$

$K_3 = \text{Coefficient dependent on units used}$

- معامل يعتمد على الوحدات المستخدمة (في هذه الدراسة كان المعامل هو ٥٤٥).

٣ - عن (Ward, 1975, p 286)

$$Q = C I A$$

- معدل الجريان
 $Q = \text{the rate of runoff}$

$C = \text{runoff coefficient indicating the percentage of rainfall which appears as}$

surface runoff

معامل الجريان الذي يوضح نسبة الأمطار التي تظهر في الجريان السطحي

I = the rainfall intensity - غزارة الأمطار

A = the area of the catchment - مساحة الحوض

؛ عن (Osborn 1976, pp. 145-46)

$$Q = F (P, A, G, \dots)$$

حيث أن:

Q = the mean annual flood - متوسط الجريان السنوي

P = the average annual precipitation - المتوسط السنوي للأمطار

A = the drainage area - مساحة الحوض

C = a geographical factor - عامل جغرافى

. وإلى جانب المعادلات السابقة فإنه يمكن الاستدلال على سرعة الجريان من خلال استخدام وقياس أحجام الرواسب المنقولة عن طريق الجريان، وربطها بمعادلات السرعة باستخدام منحنى هجتستروم Hijuistrom Curve على سبيل المثال، والذي يوضح العلاقة بين أحجام الرواسب وسرعة الجريان خلال عمليتى النقل والارساب، وقد سبق تطبيق هذه الأسلوب على رواسب مدرجات وادى الاطفيحى بالصحرَاء الشرقية بمصر.

كما يمكن الاستدلال على قسوة الجريان وخصائصه المختلفة وسلوك التيار من خلال الآثار الجيومورفولوجية التى تنشأ عن الجريان

أو تكراره، وقد تم تطبيق هذا الأسلوب في دراسة عن الآثار الناتجة عن جريان أحد السيول بوادي الاطفيحي.

أيضا يمكن مع دراسة الأمطار الوصول إلى كيفية حدوثها ويتطلب ذلك دراسة مستفيضة للكميات الكبيرة بصفة خاصة وعن طريق فحص خرائط الطقس أثناء سقوطها وقبلها بمدة قصيرة ٣ أو ٤ أيام. حتى يمكن التعرف على أسبابها وهل هي ناتجة عن جبهات هوائية مختلفة في خصائصها أو أنها أدت إلى وجودها عواصف انقلابية. ومن هلال هذه الظروف وتكرارها فإنه يمكن توقع الأمطار الغزيرة بالتالي حدوث جريان سيلى بمجرد توافر معلومات مشابهة على خرائط الطقس في أى وقت.

رابعاً - طرق تفادى أخطار الجريان:

نظراً للأخطار التي تنتج عن جريان السيول في الصحارى، وما تقوم به من عمليات تخريب واسعة، فقد أصبح من الضروري دراسة كيفية تفادى هذه الأخطار، خاصة مع وجود خطط تنمية عمرانية واستغلال لهذه المناطق.

وبصفة عامة فإنه يمكن تقسيم طرق التفادى إلى: أساليب للوقاية، وطرق للإبذار، أما الأساليب الوقائية فالغرض منها إيجاد وتوفير عوامل حماية مسبقة لأوجه النشاط العمراني لمنع وقوع هذه الكوارث ومن المفضل أن تتاح لتلك الطرق إمكانية استغلال مياه الجريان في ذات الوقت، وبذلك يكون قد تحقق هدفان في وقت واحد. على حين تقدم طرق الإذار بعض الأساليب اللازمة والتي يبدأ عملها مع بدء عملية الجريان لتحذير سكان المناطق القريبة من جريان السيول أو مستخدمي الطرق من أجل تقليل الخسائر إلى حدها الأدنى.

(أ) طرق الوقاية:

- ١ - إنشاء أشكال الاستغلال المختلفة والأرض بعيداً عن أماكن الخطر، ويكون ذلك على أساس دراسات علمية مسبقة.
- ٢ - إنشاء السدود بأنواعها وأشكالها المختلفة على الأودية الرئيسية أو على الروافد وخاصة في أماكن الخطورة التي تكشف عنها الدراسة في هذه المناطق للوقاية واستغلال المياه.

٣- إنشاء القنوات الصناعية لنقل مياه الجريان من أماكن الخطورة إلى أماكن أخرى لا يتمثل بها خطر، أو إلى أماكن يمكن استغلال مياه الجريان فيها.

٤- عمليات التغطية باستخدام المواد المناسبة على جوانب الطرق أو الحواجز التي يجب توفيرها حول المناطق السكنية والمزارع والمنشآت.

٥- إنشاء الخرائط الجيومورفولوجية التي توضح أماكن الخطورة، وأماكن الأمان والتي على أساسها يتم وضع أي خطة. وتحتاج هذه الأساليب قبل إنشائها وتحديد أنسبها للمنطقة إلى دراسات علمية دقيقة، كما يجب أن لا تقوم أي خطة للاستغلال والاستصلاح والعمران في هذه المناطق دون أن تتضمن وتتناول هذه الدراسات. وتحتاج هذه الدراسات لكي تتم بشكل علمي دقيق إلى عدد من الإمكانيات التي أصبح توفيرها ضرورة ملحة ويمكن إيجازها فيما يلي:

(أ) ضرورة توفير الخرائط والصور الجوية بمقاييسها المختلفة، والتي يمكن استخدامها في إنشاء خرائط جيومورفولوجية تطبيقية، توضح أماكن الخطورة، وأفضل أماكن للاستغلال، وعلى أساسها يمكن وضع الأساليب والخطط الكفيلة بحماية المنشآت والأراضي والسكان من هذه الأخطار.

فضلا عن أنها تمثل مصدرا أساسيا لكثير من البيانات اللازمة للدراسات في أحواض التصريف وشبكات المجارى، والبيانات اللازمة والضرورية لخطط الاستغلال والإنتاج في هذه المناطق.

(ب) توفير تسجيلات الأرصاد الجوية وبصفة خاصة المتعلقة بالمطر، وكذلك توفير قياسات الجريان فى المناطق الصحراوية بصفة عامة والأماكن المقترح استغلالها بصفة خاصة.

(ج) عمل الدراسات الميدانية اللازمة من أجل الحصول على بيانات علمية واقعية تفيد فى إنشاء الخرائط الجيومورفولوجية التطبيقية، واستكمال الدراسات على أحواض التصريف والمجارى.

ولقد بات من الواضح أن أى خطة لاستغلال أى جزء من الصحراء تسبقها دراسة جيومورفولوجية وهيدرولوجية لا يكتب لها النجاح، ويترتب عليها الكثير من المشاكل التى يصعب معالجتها فيما بعد. وهناك العديد من الأمثلة الحية التى أنشئت فيها مراكز عمرانية أو طرق أو استصلحت فيها أراضى زراعية وتعانى اليوم من مشاكل السيول والجريان، من جراء تجاهل الدور الذى يمكن أن تقوم به مثل هذه الدراسات. والأمثلة التى وردت فى المقدمة عن الآثار الناتجة عن جريان بعض السيول توضح ذلك.

ويجب أن تقدم هذه الدراسات معلومات كاملة عن أحواض الأودية وشبكات التصريف فيها وخصائص المجارى، ودراسات عن الأمطار وخصائصها، والفواقد المختلفة، وعمليات الجريان ونظامها وخصائصها، وتعتبر بيانات أساسية فى حالة بناء السدود وإقامة الحواجز، كما تقدم أنسب المواقع لتوقيعها، ويعتمد ذلك على الغرض أو الأغراض التى تنشأ من أجلها، هل هو لتوفير عامل الحماية (لمدينة أو قرية أو أماكن زراعية أو تعدين أو مشروعات سياحية أو أغراض أخرى). أو من أجل تجميع مياه الجريان واستغلالها فى منطقة معينة، أو من أجل تغذية الخزان الجوفى؛ وبالتالي هل يتم توقيعها على الوادى الرئيسى أو أن الأنسب

بناءها على أحد الروافد القوية، أو مجموعة منها ، أو إنشاء أكثر من سد في أماكن مختلفة. كما توضح وتقتراح أفضل أنواع السدود المناسبة لهذه الظروف.

وتعطي هذه الدراسات فكرة عن أفضل الأماكن لشق وبناء المجارى الصناعية، ومكان توقيعتها وتحديداتها في المجارى الفرعية أو المجرى الرئيسى، والمكان الأنسب لاستغلاله في شق هذه المجرى، وأماكن النحت والارساب، وما قد يتعرض له المجرى في المستقبل من عمليات قد تؤثر عليه، وما يتصل به من مجارى، وسلوك وكمية الجريان في هذه المجارى.

وتوضح الخرائط الجيومورفولوجية التطبيقية أماكن ودرجة ونوع الخطورة، وكذلك أماكن الأمان وما توفره من أشكال حماية، بالإضافة كيفية تحديد هذه الأخطار، وبالتالي تقدم أفضل الأماكن لتوقيع المشروعات أو عدم توقيعتها في هذه الأماكن الخطرة مثل مناطق المجارى ومصبات الأودية، وعدم وضع الطرق في بطون الأودية، وفي حالة ضرورة ذلك توضح أنسب الأماكن لمروها، مثل المناطق المحدبة، وأبعادها عن المناطق المقعرة للوادي، والذي تزيد عليه عمليات النحت والتعرية، وكذلك طرق حماية الطريق في هذه الأجزاء، وفي حالة قطع الطريق لمجارى بعض الأودية وتعامده عليها، توضح أنسب الأساليب لكيفية تفادى هذه المجارى والاقتراحات عديدة في هذا الشأن.

(ب) طرق الإنذار:

وقد أصبحت هذه الأساليب ضرورية خاصة في أماكن التجمعات والطرق التي تتعرض لجريان السيول ومن أهم هذه الأساليب:

١ - استخدام شبكات الإنذار Flash-Flood Warning System
للفيضانات الفجائية ويمكن أن تقوم على أساس ربط محطات رصد
الأمطار والجريان في مناطق المنابع بتليفونات أوتوماتيكية أو أجهزة
إشارات ضوئية أو أجراس، لتحذر السكان أو مستخدمي الطرق أو أماكن
التجمعات المختلفة.

ويحتاج إنشاؤها إلى بيانات دقيقة، ودراسات كاملة عن أحواض
وشبكات التصريف ، وكميات وخصائص الجريان، وكيفية توالده
بالإضافة إلى الجوانب الأخرى.

٢ - يمكن استخدام عمليات الاستشعار من بعد Remote-Sensing في
هذه العمليات والتي يمكن أن تعطي صور واضحة ومعلومات مؤكدة
عن أنواع السحب وأماكن تجمعها وتحركها وخصائصها المختلفة،
أو الأمطار وكميتها أو تجمعها على السطح، وانعكاسها فوق سطح
التربة خلال الفترة التي تسبق عملية الجريان. وكذلك تحديد هذه
الأماكن، أو الجريان في بدايته في المجارى الصغيرة، أو أى شكل
آخر يمكن أن يفيد في عملية توقع الجريان، وبالتالي تكون هناك
فرصة لتجنبه قبل تجمع مياه السيول ووصولها إلى أماكن التجمعات
السكانية أو الطرق.

٣ - يمكن استخدام الرادار في تحديد بقع الأمطار، ودرجة غزارتها
وأماكن تواجدها ، ومع المعرفة المسبقة لأحواض وشبكات
التصريف ، يمكن توقع مكان وكمية الجريان وتحذير السكان في هذه
المناطق.

٤ - يمكن استخدام بعض النشرات، أو الكتيبات الإرشادية، أو اللوحات
التحذيرية، خاصة بالنسبة لمستخدمي الطرق التي تتعرض لأخطار

الجريان، ويوضح فيها ما يمكن عمله بالنسبة للراكب، وما يجب أن يقوم به، وكذلك الإرشادات التي يجب مراعاتها للمحافظة على حياته، والأماكن أو الأساليب التي يمكنه أن يلجأ إليها حتى يتفادى الخطر.

٥- يمكن استخدام وحدات الشرطة والجيش المتواجدة بهذه المناطق في تحذير المواطنين وإرشادهم لأفضل السبل للابتعاد عن أماكن الخطر. وتحديد أماكن أمان يمكن اللجوء إليها في حالة اضطرارهم لذلك .

٦- توضح أماكن وأوقات الخطورة على خرائط وتوزع على المواطنين، أو عمل حلقات التوعية اللازمة لذلك ، للسكان المقيمين في هذه الأماكن.

٧- يمكن عن طريق أساليب التوقع السابق إيضاها عمل دراسات للفترات المتوقعة حدوث جريان سيل فيها، وحجم السيل المتوقع، وإعلام سكان هذه المناطق بها مسبقا ، وبالإحتياجات الواجب اتخاذها من جانب المواطنين والجهات المسؤولة عنها.

وجدير بالذكر أن هذه الأساليب تمثل بعضا مما يمكن استخدامه في مثل هذه الظروف ، وهناك مناطق واسعة في بعض الدول أصبحت تغطيها شبكات كاملة كافية للتحذير من أشكال الجريان المختلفة، والكوارث المحتملة، فعلى سبيل المثال، يملك مكتب خدمات الطقس القومي بالولايات المتحدة الأمريكية National Weather Service ثلاث شبكات للإنذار والتحذير تغطي معظم أرجاء الدولة. وأول هذه الشبكات يختص بإعطاء تنبؤات للعواصف الشديدة. كما يتمثل الشكل الثاني في تغطية الدولة بالكامل بوحدات تنبؤ بالأمطار المتوقعة خلال ٢٤ ساعة، والمناطق التي يمكن أن تسقط عليها أمطار غزيرة، وترتبط

بشبكات تحذير عن إمكانية حدوث سيول في هذه المناطق. والشكل الثالث
يتمثل في استخدام الرادار في الإبلاغ عن الأمطار خاصة تلك التي تسقط
في شكل بقع مبعثرة، أو المتباعدة، بالنسبة للعواصف الرعدية، يضاف
إلى ذلك إمكانية استخدام سفن الفضاء (الاستشعار من بعد) في عمليات
التوقع بالنسبة للأمطار وكذلك الجريان.

كذلك وضعت شبكات الإنذار على طول خليج العقبة بسيناء، ففى
المنطقة الواقعة شمال مدينة نويبع وحتى ميناء إيلات، وذلك خلال فترة
الاحتلال الاسرائيلى، وقد تم رفعها مع عملية الجلاء عن سيناء.

قائمة المراجع

- السيد السيد الحسيني (١٩٨٧) موارد المياه في شبه جزيرة سيناء. نشرة رقم ١٠٠ صادرة عن قسم الجغرافيا بجامعة الكويت والجمعية الجغرافية الكويتية .
- احمد سالم صالح (١٩٨٩) الاخطار الطبيعية على القطاع الشرقي من طريق نويبع / النفق ، دراسة جيومورفولوجية . مجلة الجمعية الجغرافية العربية العدد ٢١ .
- حسن رمضان سلامة (١٩٨٥) اختلاف التصريف المائي للاودية الصحراوية في الاردن .
- النشرة رقم ٧٥ قسم الجغرافيا بجامعة الكويت والجمعية الجغرافية الكويتية .
- سعيد محمد ابوسعده (١٩٨٣) هيدرولوجية الاقاليم الجافة وشبه الجافة .
- سلسلة علمية تصدر عن وحدة البحث والترجمة قسم الجغرافيا بجامعة الكويت ، والجمعية الجغرافية الكويتية .
- Carlston, C. W. (1963) Drainage and Stream Flow , U. S. Geol. Survey Prof. Paper, 422 C : 1-8.
- Chorley, R.J. (1957) Climate and Morphometry, Jour. Geol. 65 : 268-638.
- “ “ “ “ (1969) Introduction to Physical Hydrology, Methuen & Co. Ltd. Great Britain.

- **Cooke, R. U., Brunsdon, D. Doornkamp, J. C. and Jones, D.K.,(1985) Urban Geomorphology in Drylands , Oxford Univ. Press.**
- **Dunne, T. (1978) Field Studies of Hillslope flow Processes in Hillslope Hydrology, Edited by Kirkby , M. T. John Wiley & Sones, Chichester.**
- **Emmett, W. W. (1978) Overland flow , in hillslope hydrology, Edited by Kirkby, M. J. John Wiley & Sons , Chichester.**
- **Gerson, R. (1977) Sediment transport for desert watersheds in erodible materials , Earth Surface Processes , Vol. 2, pp 343-361.**
- **Goudie, A . and Wilkinson (1980) The Warm desert environment, Cambridge Univ. Press, London.**
- **Gregory , K. J . , Hails, T. R., and Derbyshire, E. (1979) Geomorphological Process, Butterworths, London.**
- **Hickok, R. B., and Others (1959) Hydrology Synthesis for small Arid – land watersheds Agriculture Eng. 40 (10) : 608-611.**
- **Hadley, R. F. and Schumm, S. A. (1961) Sediment sources and drainage basin characteristics , in Upper cheyenne River basin. U. S. Geol. Survey, Water- Supply, paper,1531-b, 169-177.**
- **Howard, A. D. and Remson , I. (1978) Geology in environment planning McGraw – Hill Book Co. New York.**

- **Horton, R.R. (1945) Erosional development of streams and their drainage basins, Hydrophysical approach to quantitative morphology.**
Geol. Soc. America, Bull. 56: 275-370.
- **Kamal, F. S. and Others (1980) Quantitative analysis of the Geomorphology and Hydrology of Sinai peninsula .**
Annals of the Geological Survey of Egypt, Vol. X , 819-836.
- **Kirkby, M. J. (1978) Hillslope Hydrology,**
John-Wiley & Sons, New York.
- **Knapp, B. J. (1979) Elements of geographical hydrology,**
George Allen & Unwin, London.
- **Langbein, W. B. (1947) Topographic characteristics of drainage basin,**
U. S. Geol. Survey Water- Supply, Paper 968-c pp157.
- **Leopold , L. and Miller, J. P. (1956) Ephemeral stream hydrologic factors their relation to the drainage net,**
U. S. Geol. Survey Prof. Paper, 282-A : 1-37.
- **Leopold, L. , B. Wolman, M.G. and Miller, J.P., (1964)**
Fluvial process in Geomorphology,
San Francisco.
- **Mabbutte, J. A. (1977) Desert landforms ,**
The MIT Press, Cambridge Massachusetts.
- **Melton, M. A. (1958) Correlation structure of morphometric properties,**
- **Miller, D. H. (1977) Water at the surface of the earth ,**
Academic Press , New York .
- **Morrisawa, M.E. (1962)Quantitative geomorphology of some watersheds in the Applchain plteau,**

Geol. Soc. America Bull., 73 : 1042- 1045.

- Orsborn, J. F., (1976) Drainage Basin characteristics applied to hydraulic design and water resources management, in **Geomorphology and Engineering .** edited by Coates , D.R.
Dowden, Hutchinson & Ross, Inc . , Stroudsb Urg.
Pennsylvania.

- Peter , C.P. Patton and Vector, R. B. (1980) Geomorphic response of central Texas stream channels to catastrophic rainfall and runoff, in **Geomorphology in Arid Regions**, edited by Doebling, D. O. ,
London

- Saleh, A. S. (1990) Geomorphological effects of A torrential flood in wadi El- Atfehy , The Eastern Desert of Egypt .
Bull. Soc. De Geogr. D, Egypt Tome LXIII.

- Schick, A. P. (1980) A tentative sediment budget for an extremely Arid watershed in the southern Negev, in **Geomorphology in Arid Regions**, edited by Doebling, D. E. George Allen & Unwin, , London.

- “ “ “ “ (1980) Hydrologic Aspects of floods in extreme Arid Environments, in **Flood Geomorphology**, edited by Baker, V. R. and Others .
John Wiley & Sones, New York.

- Schumm, S. A. and Lusby, G. C. (1977) Applied Fluvial Geomorphology , in **Applied Geomorphology**, edited by Halls, J. R.
Elsevier Scientific Publishing Co. Amsterdam.

- Strahler , A. N. (1957) Quantitative analysis of watershed geomorphology,
Am. Geophys. Union Trans. 38 (6) : 169-177.

- Ward R. C. (1967) Principles of Hydrology , 2nd ed.
McGraw Hill Book Co. (U.K.) Limited. London.
- Water Atlas of Saudi Arabia (1984) Ministry of Agriculture
and Water, Saudi Arabia.
- Yair, A. and Lavee, H. (1985) Runoff generation in Arid and
Semi Arid zones, in Hydrological forecasting, edited by
Anderson, M. G. and Burt, T. P. pp. 182-220.
John Wiley & Sons Ltd.

الجزء الثانى

السيول عمليا

السيول والتنمية فى وادى فيران بسياء
د. اسه تطبيقية من منظور جيومورفولوجى

مقدمه (*) :

يمثل الجريان السيلوى فى وادى فيران بجنوب غرب شبه جزيرة سيناء إحدى مشكلات البيئة الملحة، التى تؤثر على عملية التنمية وتعوق حركتها. ويرجع هذا إلى أن عمليات الجريان التى تجرى فى الوادى الرئيسى غالبا ما ينتج عنها تدمير كلى أو جزئى للطريق الذى يربط بين مدينة سانت كاترين، والطريق الساحلى بغربى سيناء، الذى يمتد على طول قاع الوادى. كما يمتد الخطر إلى بقية مظاهر العمران، وأشكال استخدام الأرض المنتشرة على طول قاع الوادى، حيث تدمر المزارع وتردم الآبار وتهدم المساكن. وكثيرا ما يصل الخطر إلى مستخدمى الطريق والسكان والحيوانات والممتلكات.

وقد حدث هذا بالفعل خلال عمليتى جريان وقعتا فى الفترة الأخيرة. حيث جرت الأولى فى أكتوبر ١٩٨٧، والثانية فى إبريل ١٩٩٠. وأديتا إلى هدم وتخريب فى أجزاء واسعة من الطريق، فى واحتى الطرفة وفيران. واللذان تعدان من أهم مراكز الاستقرار فى الوادى.

ولا يتوقف حجم المشكلة عند وجهها المرئى بل غالبا ما يتعداه إلى التأثير على الجوانب الأخرى مثل السياحة، وعمليات الأمن والاستقرار، بالإضافة إلى الجوانب الاجتماعية. كذلك فإن الحاجة إلى كل قطرة ماء فى مثل هذه المنطقة الصحراوية القاحلة، حيث الأمطار الشحيحة والمياه الجوفية النادرة؛ تفرض ضرورة استغلال مياه السيول

(*) تجدر الإشارة إلى أن هذا الموضوع هو أحد الأبحاث التى قام بها الباحث خلال عمله بمشروع مكافحة السيول فى مصر والتابع لمركز الاستثمار من بعد باكاديمية البحث العلمى .

كأحد الموارد المائية المتاحة مما يزيد من حدة المشكلة، ويوضح أبعادها، ويفرض ضرورة تحليلها بفرض الوصول إلى الحلول المناسبة لها.

هدف الدراسة:

تهدف هذه الدراسة إلى تحليل أبعاد المشكلة وتقييمها، ووضع الحلول المناسبة لها، وقد روعى في هذه الحلول محاولة تحديد الخطر الناتج عن الجريان على مظاهر الحياة على طول الوادى هذا من جهة، واستغلال مياهه -بقدر الإمكان- من جهة أخرى. بما يتيح الفرصة أمام عمليات التنمية والتوسع العمرانى والاستغلال الأمثل للمنطقة.

طريقة الدراسة:

تتركز الدراسة بصفة خاصة على طول الوادى الرئيسى -حيث يمتد الطريق والعمران- من مدينة سانت كاترين إلى مصب الوادى. وتعتمد هذه الدراسة فى المقام الأول على القيام بعملية مسح ميدانى تمت على مرتين على طول الوادى الرئيسى، حيث يمتد معظم العمران، والطريق وأشكال استخدام الأرض المختلفة، وكانت الأولى مارس ١٩٩٠، والثانية فى إبريل من نفس العام. وقد تم فيهما عمل التالى:

- ١- مسح لمورفولوجية الوادى الرئيسى وأشكال السطح الرئيسية فيه.
- ٢- مسح لأشكال استخدام الأرض والعمران والطريق على طول قاع الوادى.
- ٣- مسح لحركة الجريان واتجاهاته من خلال الآثار الدالة عليه، والمجارى، وعمليات الجريان.

- ٤- تحديد أماكن النحت والتآكل والأماكن التي تتعرض للخطورة حالياً والتي من المحتمل أن تتعرض له مستقبلاً.
 - ٥- قياس مقدار النحت وتحديد الطريقة التي يتم بها.
 - ٦- اختيار المواقع والأساليب التطبيقية اللازمة لحل المشكلة، واستغلال مياه السيول في عمليات التنمية المختلفة.
- وقد سجلت البيانات والقياسات على خرائط مقياس ١ : ٥٠,٠٠٠. كما تم الاستعانة باستخدام الصور الجوية (مقياس ١ : ٤٠,٠٠٠). ولوحات الفضاء (MS٤١) المتوافرة عن المنطقة. كما تم الاستعانة والاستفادة كذلك من الخرائط الجيولوجية، وخرائط التربة، فضلاً عن الدراسات السابقة وخاصة الجيومورفولوجية منها، والدراسات الأخرى الخاصة بالأرصاد الجوية. وهذه المصادر موضحة في قائمة المراجع والمصادر في نهاية البحث.

خطة الدراسة:

- تشتمل الدراسة على عدد من الموضوعات هي كالتالي:
- ١- الموقع والشكل العام للمنطقة.
 - ٢- التكوينات الجيولوجية والبنية في حوض وادي فيران.
 - ٣- الخصائص العامة لشبكة وحوض التصريف.
 - ٤- ظروف وخصائص المطر.
 - ٥- الخصائص المورفولوجية للوادي الرئيسي وأشكال السطح فيه.
 - ٦- استخدام الأرض في الوادي الرئيسي.
 - ٧- حركة واتجاه الجريان على قاع الوادي.
 - ٨- أشكال ومواقع النحت والتدمير في الطريق وفي مظاهر العمران

المختلفة.

- ٩- مناطق ودرجات الخطورة على طول الوادى الرئيسى.
- ١٠- طرق وأساليب الحماية المقترحة. وكيفية استغلال مياه الجريان فى عمليات التنمية.
- وجدير بالذكر أن معظم هذه الموضوعات قد تم عرضها على خرائط ذات مقياس رسم مناسب تم إنشاؤها لهذا الغرض. على أساس الدراسة الميدانية، والمصادر الأخرى السابق توضيحها.
- وفيما يلي عرض لهذه الموضوعات:

أولاً: الموقع والشكل العام للوادي:

يقع حوض وادى فيران فى الجزء الجنوبى الغربى من شبه جزيرة سيناء، وينحصر بين دائرتى عرض ٣٠° ٢٨' - ٢٩° ٢٩' شمالاً، وخطى طول ١٠° ٣٣' - ١١° ٠٥' شرقاً. شكل رقم (١).

وتصل مساحة الحوض إلى حوالى ١٧٠٢ كم^٢، ويصرف إلى خليج السويس، إلى الشمال من بلاعيم مباشرة، وهو يمثل أحد خمسة أحواض كبرى تعتبر مسئولة عن التصريف فى غرب سيناء إلى الخليج. وتعتبر أودية الشيخ والأخضر وسولاف ورمانة أهم روافد الوادى، بالإضافة إلى العديد من الروافد الصغيرة التى تغذيه على طول قطاعاته المختلفة. ويمتد الحوض فى اتجاه عام من الشرق إلى الغرب فى شكل يميل للاستطالة، ويصل طوله إلى ما يقرب من ١٣٧ كم وطول محيط حوضه إلى ٣٥٥ كم.

وسوف يتم إلقاء المزيد من الضوء على الوادى الرئيسى الذى يمثل المنطقة موضع الدراسة والاهتمام.

ثانياً: التكوينات الجيولوجية والبنية:

تعتبر المنطقة جزءاً من الدرع العربى القديم الذى يعرف بتكويناته من صخور القاعدة الأساسية ، تعلوها الصخور الرسوبية خاصة على الأطراف. ولذلك تتنوع التكوينات الجيولوجية فى حوض الوادى تنوعاً واسعاً. حيث تتكون أجزاؤه العليا من الصخور النارية وتشغل حوالى ٥٨% من جملة مساحته. كما تشكل الصخور المتحولة أجزائه الوسطى وتشغل حوالى ٢٢%، على حين تتكون الأجزاء الدنيا من الحوض من التكوينات الرسوبية، التى تشغل ما يقرب من ٢٠% من جملة مساحة الحوض .

ويتراوح عمر الصخور المكشوفة فى سطح الحوض بين الكمبرى الأسفل والبلويسين. هذا بالإضافة إلى رواسب الزمن الرابع التى تغطى الأجزاء الدنيا من السفوح، ويطون الأودية، ومراوحها الفيضانية، ودلتا الوادى (محمد رمضان ١٩٨٧، ص ٢٦ - ص ٤٦).

ونظراً لتعرض المنطقة للحركات التكتونية التى صاحبت تكون

أخدود البحر الأحمر (الأخدود الأفريقي) فإن العديد من الصدوع والالتواءات يخطط وجه المنطقة، وهي تنتظم في معظمها مع الاتجاه العلم لخليجي السويس، والعقبة، وخاصة في حالة الصدوع، وينعكس ذلك بوضوح على نظام شبكة التصريف، وخصائص المجارى وأنظمة السفوح وجوانب الأودية، ومحاورها وأنماط التصريف. هذا على حين تتركز الالتواءات القوية في نطاق الصخور الرسوبية، ومن أهمها طية فيران المحدبة، التي يقطعها مجرى الوادى فى جزئه الأدنى.

ومن النظرة التفصيلية لأنواع التكوينات يمكن تقسيم الصخور النارية إلى:

(أ) مجموعة صخور الجرانيت القلوية الكلسية، وهي تمثل أقدم صخور الجرانيت، وتضم الديورايت والجرانيت الأحمر ذو النسيج البروفيري، والديورايت الجرانيتي المعروف باسم الجرانيت الرمادي، وتكون صخور هذه المجموعة أراضي تلالية قليلة الارتفاع، سهلة التجوية تكثر بها السهول الفسيحة. كما تكون بعض القمم الجبلية، ومن أهم المناطق التي تظهر فيها: منطقة التقاء وادى الشيخ بوادى سولاف، وأعالى وادى الأخضر، وأجزاء من وادى رمانة.

(ب) مجموعة الجرانيت القلوية. ويتميز الجرانيت هنا باحتوائه على نسبة من البيوتايت والميكا والهورنبلند، وتشكل الكتل الجبلية الرئيسية داخل الحوض، مثل جبال كاترين وموسى والمناجاة وقصر عباس، وهي تمثل المنابع العليا الجنوبية الشرقية للحوض. وهذا النوع من الصخور سهل التجوية وتشيع فيه عمليات التفكك والتفشر

.disintegration & exfoliation

(ج) مجموعة الصخور المتوسطة التركيب. وتتكون من

السيانيت والتراكيت ، ويمثل السيانيت صخور شديدة الصلابة تقل بها الفواصل. ولذا فهي تمثل السفوح الشديدة الانحدار، لجبال الجوزة والبنات وسريال. على حين يتمثل التراكيب فى القواطع التى تخترق صخور القاعدة فى المنطقة للشرق من واحة فيران.

أما الصخور المتحولة فتتمثل بصفة رئيسية فى نطاق صخور النايىس المجماتيتى والمعروف باسم نطاق نيس فيران/سولاف المجماتيتى. ويمتد النطاق فى اتجاه شمالى غربى -جنوبى شرقى ولمسافة تزيد عن ٤٠ كم، ويعرض يتراوح بين ٥ - ١٠ كم. ويشق الوادى الرئيسى - موضوع الدراسة - مجراه جزئياً عبر هذا النطاق، وتنعكس خصائص هذه الصخور على شكل مقطع الوادى، حيث تكثر التثنيات كما تظهر جوانبه شديدة الانحدار.

وكما ذكر من قبل فان الصخور الرسوبية تتمثل فى الجزء الأدنى من الوادى ،وهى تتكون من صخور جيرية ورملية وطينية ومارلية وطباشيرية. وترجع التكوينات الجيرية التى تنتمى إلى مجموعتى الجلالة وسدر لتشكل معظم الجروف وجوانب الأودية، فان الصخور الرملية التى تتميز بكثرة الفواصل تظهر فى بعض الأودية مثل البيضا وهرقص والثقى. كما تظهر الصخور الطينية فى جبل عكمة، حيث تنكشف على جوانب الحافات القوية وقد تصاحبها الصخور المارلية، التى تتميز بارتفاع درجة المسامية والقابلية العالية للذوبان.

وإلى جانب التكوينات الصخرية الأساسية السابقة توجد الرواسب المفككة الحديثة، حيث تملأ قيعان الأودية وتشكل العديد من المراح الواقعة عند مصباتها ، إلى جانب المدرجات الواقعة على جوانبها ، وبطبيعة الحال تختلف من حيث نوعيتها، وأحجامها تبعاً لنوعية الصخر

الأم **mother rock**؛ الذى اشتقت منه، والعمليات الجيومورفولوجية التى نحتتها أو نقلتها - ويختلف حجم هذه المفتتات ما بين الكتل والجلاميد الضخمة التى يزيد قطرها عن $\frac{1}{2}$ متر، إلى الزلط والحصى والحصباء والرمال والطين وأحيانا الصلصال.

ومما لا شك فيه فإن حجم وطريقة توزيع هذه الرواسب، وكذلك مظهرها وشكلها المورفولوجى **Form**؛ تؤثر بدرجة واضحة على عملية الجريان، وقد ينعكس ذلك فى زيادة فعالية عملية التسرب أو توجيه تيار الجريان والتأثير عليه من خلال ما يعرف بدرجة خشونة القاع.

ثالثاً: خصائص شبكة وحوض التصريف:

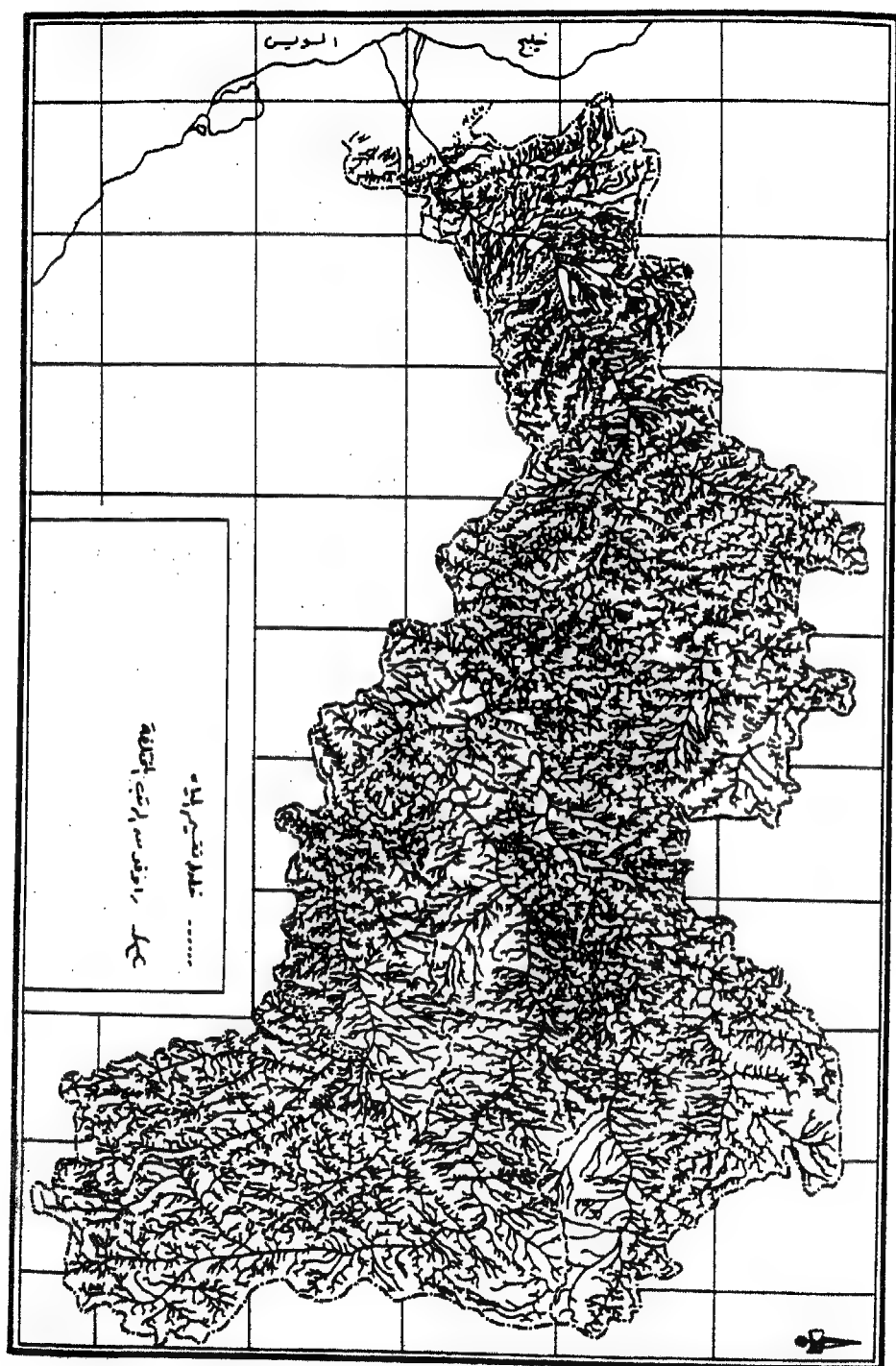
يغطى حوض وادى فيران مساحة تصل إلى حوالى ١٧٠٢ كم^٢، وكما سبق الذكر، وتجرى على سطحه شبكة تصريف كبيرة تضم عدداً من الروافد الرئيسية، يصل عددها إلى تسعة روافد كبيرة، بالإضافة إلى مجموعة أخرى من الروافد الصغيرة. وتختلف الخصائص المورفومترية للشبكة اختلافاً واضحاً، تبعا للعوامل التى أثرت عليها مثل التكوينات الجيولوجية وظروف البنية، وعامل الانحدار، والظروف الهيدرولوجية والتغيرات المناخية، بالإضافة إلى تغيرات مستوى سطح البحر. ويلخص الجدول التالى أهم الجوانب المورفومترية لحوض وشبكة الوادى (شكل رقم ٢).

جدول رقم (١) الجوانب المورفومترية لحوض وشبكة تصريف
وادي فيران (محمد رمضان ١٩٨٧ ص ١١٤ - ص ١٣٨) (مع التعديل)

م	اسم الروافد	المساحة (كم ^٢)	أعداد المجاري	معدل انحدار	مجموع أطوال المجاري (كم)	كثافة التصريف	الانحدار (بالدرجات)	م الاستط
١	ولول	٣٢,٦	١٢٤٧	٣,٩	٢٩٢,٧	٨,٥	١,٤	٠,٥٠
٢	أم لصيفه	٢١,٩	٤٧٨	٢,٢	١٣٦,٥	٦,٢	١,٣	٠,٤٣
٣	أم لصيفه	٣٢,٠	٩٩١	٣,٧	٢٦٣,٥	٨,٢	٢,٣	٠,٤٩
٤	نسرغان	١٠٣,٠	٣٦٩٤	٤,٨	٧٧٦,٥	٧,٥	١,٩	٠,٥٢
٥	رماتة	١٥٨,٠٠	٤١١٢	٣,٧	١١٠٤,٠	٨,٠	٤,٠	٠,٦٠
٦	نقلول	٤٦,٣	١٥٠٦	٤,١	٣٧٤,٠	٧,٠	٢,٦	٠,٥١
٧	سولاف	٢١٦,٥	٤٥٤١	٣,٨	١٣١٦,٠	٦,٠	٣,٣	٠,٥٦
٨	الشيخ	٣٤٧,٠	٥٦٨٩	٥,٨	١٧٨٨,٤	٥,٢	١,٩	٠,٤٣
٩	الأخضر	٣١٦,٧	٦١٤٣	٤,٥	١٧٩٩,٠	٥,٧	٠,٩	٠,٥٠
	وادي فيران	١٧٠,٢	٥١٣٩٢	٤,٦	١٤٢٧٣,٦	٨,٤	١,١	٠,٣٤

ويتضح من هذا الجدول ما يأتي:

- ١ - بالنسبة للمساحة فإن الوادي الرئيسي بما يضمه من مجرى وقاع وجوانب وأحواض روافد صغيرة - لم تذكر في الجدول - يمثل حوالي ٢٥% من المساحة الكلية للحوض. على حين تمثل أربعة أحواض كبيرة هي الأخضر والشيخ وسولاف ورماتة حوالي ٦١% أما بقية المساحة فتتوزع بين الخمسة روافد الباقية. أو بمعنى آخر فإن الأحواض الأربعة وحوض الوادي الرئيسي تمثل $\frac{1}{3}$ المساحة الكلية.
- ٢ - تشغل أحواض الروافد الكبيرة الأربعة حوالي ٤٠% فقط من أعداد المجاري الكلية في شبكة التصريف ، وهو رقم لا يتناسب مع ما تشغله من مساحة. على حين يسيطر الوادي الرئيسي على حوالي ٤٥% وحده من الأعداد ، رغم أنه يشغل $\frac{1}{3}$ مساحة الحوض فقط وهذا الوضع يعكس وجود عدد كبير من أحواض المجاري الصغيرة التي تتصل بالوادي الرئيسي، وقد تم تصنيفها ضمن حوضه، والتي يزيد بها عدد المجاري وخاصة في الرتب الأولى؛ مما يحتمل معه وجود الكفاءة العالية لنقل



شكل رقم (٢) شبكة تصريف وادي فيران

المياه والرواسب من مسافات قصيرة، على كلا الجانبين إلى الوادئ الرئيسى.

٣- يختلف معدل التفرع اختلافاً واضحاً ولا يرتبط بأى من الأحواض الكبيرة أو الصغيرة، مما يعكس تأثير الظروف الأخرى عليه.

٤- أن الوادئ الرئيسى يضم حوالى ٤٥% أيضاً من مجموع أطوال المجارى فى شبكة تصريف الحوض. على حين تضم الروافد الأربعة الكبيرة حوالى ٤٢%، والأحواض الخمسة الباقية لا تمثل إلا ما يقرب من ١٣% من مجموع الأطوال. وهذا الوضع يعكس استئثار الوادئ الرئيسى بشبكة تصريف عالية الكفاءة، مما يؤكد صدق ما تم الإشارة إليه فى الجزء السابق؛ من وجود إمكانية نقل عالية لمياه الجريان والرواسب إلى الوادئ الرئيسى فى وقت قصير، خاصة إذا تركزت العواصف المطيرة على منطقة الوادئ الرئيسى، وإن كان هذا سوف يتوقف على درجة غزارة الأمطار، وامتداد العاصفة المطيرة، واتجاهها وسرعة حركتها، إلى جانب العوامل والخصائص الأخرى المؤثرة.

٥- تختلف كثافة التصريف بين رافد وآخر وأن كانت الكثافة ترتفع بشكل عام فى أحواض وشبكات تصريف الروافد الصغيرة عنها فى الأحواض الكبيرة فيما عدا حوض وادئ رمانة، الذى ترتفع فيه الكثافة رغم كبر مساحته، مما يوضح أنه من الأودية التى يجب أن توضع فى الاعتبار على أنها ذات كفاءة عالية فى عملية الجريان.

٦- اختلفت درجات انحدار سطوح أحواض الروافد بين حوض وآخر، إلا أن حوض وادئ رمانة يعتبر أشدها انحداراً، يليه حوض نفوز ثم حوض سولاف على حين تتقارب بقية الأحواض بدرجة كبيرة؛ مما يعكس الكفاءة العالية لحوض وادئ رمانة -وكما سبق الإشارة- هذا من

جهة. كما أن التقارب فى الاتحاد بين معظم الأحواض قد يعكس التقدم فى المرحلة الجيومورفولوجية، لجزء كبير من حوض وادى فيران، كما يعكس التشابه بينها فى عدد من الجوانب من جهة أخرى.

٧ - كذلك يختلف معدل الاستطالة فى الأحواض وان كان معظمها يقع قرب (٠,٥٠) من المعدل؛ وهذا يعنى أن معظم الأحواض تجمع بين خاصيتين فى آن واحد ؛ حيث تميل إلى الاستطالة نسبياً أو فى جزء من الحوض كما تميل للاستدارة فى جزء آخر منه. هذا فيما عدا حوض وادى رمانه الذى يميل للاستدارة أكثر.

وهذا الوضع بالنسبة للأودية يعنى أنه قد ينتج عن الجريان فيها قمة واضحة -أو قد لا يحدث- تبعاً لتركز العاصفة المطيرة على جزء معين من الحوض أو الحوض بالكامل.

اما بالنسبة لحوض وادى رمانه فان الوضع يعنى عملية الجريان فيه غالباً ما ينتج عنها قمة كبيرة نتيجة تجمع المياه من روافده فى وقت متقارب ؛ نتيجة لتقارب مصباتها.

رابعاً: خصائص المطر فى المنطقة:

نظراً لوقوع المنطقة فى النطاق الصحراوى الحار الجاف فان كمية المطر تنخفض انخفاضاً واضحاً، وتبعاً للبيانات المتوافرة من ثلاث محطات تمثل أقرب المحطات للحوض وهى سانت كاترين (تقع داخل الحوض) وأبو رديس والطور (تقعان على خليج السويس) ، فان المتوسط السنوى كان ٦٢ مم، ٢١,٥ مم، ١,٤٠ مم على التوالى للمحطات الثلاث. ويرجع ارتفاع المتوسط فى سانت كاترين إلى تأثير عامل الارتفاع.

ووصفة عامة يمكن أن توصف الأمطار بعدد من الخصائص هي كما يلي:

١- أن الأمطار غالباً ما تسقط خلال فصل الشتاء ويزداد عدد مرات التساقط، وكذلك الكمية في الفترات الانتقالية من الخريف إلى الشتاء، ومن الشتاء إلى الربيع. على حين لم تسجل أية أمطار خلال فصل الصيف.

٢- تتميز الأمطار الساقطة بأنها قد تسقط في شكل رخات قصيرة الأمد مركزة، على سبيل المثال تراوحت الكمية الساقطة في محطة الطور خلال الفترة من ١٩١٩ إلى ١٩٧٠ بين ٠,٣ - ٣٨,٣ مم في المرة الواحدة. ولما كانت فترة القياس تمتد في هذه المحطات إلى ٢٤ ساعة ؛ لذلك لا توجد أي بيانات دقيقة عن الطول الفعلي لفترة التساقط؛ ولذلك أيضاً تنخفض درجة غزارة المطر حيث تراوحت في المحطة السابقة بين ٠,٠٨ - ١,٥٦ مم/ساعة (ولم تتوافر بيانات عن محطة سانت كاترين).

وتبعاً لسقوط المطر في شكل فجائي خلال فترة تنخفض فيها درجات الحرارة ؛ فإن ذلك يعمل على زيادة فرصة الجريان بالوادي خاصة إذا أخذت الظروف المورفولوجية من انحدار للسطوح وتوافر شبكة تصريف جيدة في الاعتبار.

خامساً: مورفولوجية الوادي الرئيسي:

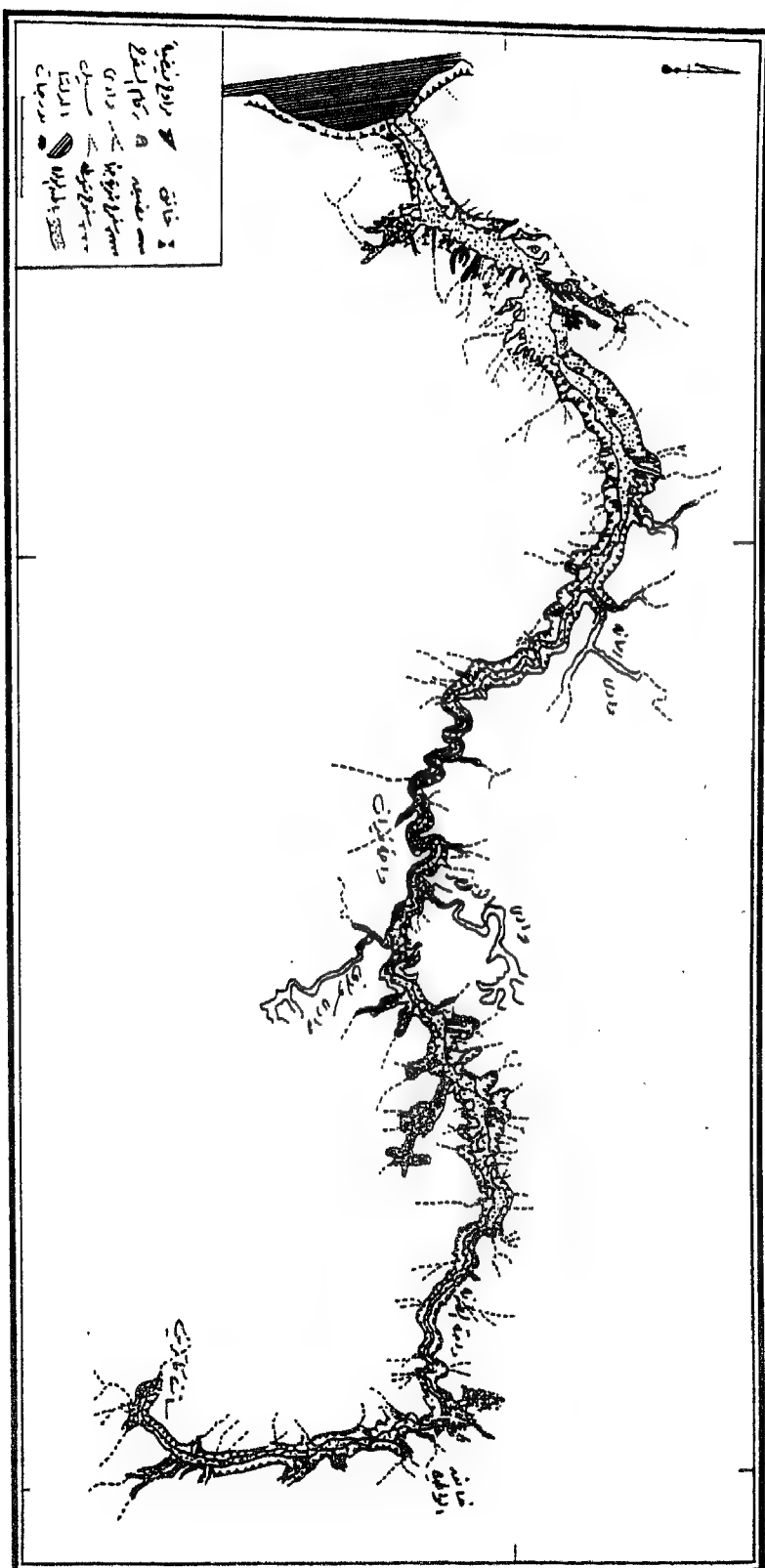
يبدأ الوادي الرئيسي من مدينة سانت كاترين في وسط الظهر المثلاثي الشكل بجنوب سيناء، عند دائرتي عرض ٣٤° و ٢٨° شمالاً و

٥٧ ر ٥٣٣ شرقاً، ويصب في خليج السويس عند رأس شرانيب للشمال مباشرة من بلاعيم. شكل رقم (٣).

ومن الناحية المورفولوجية يمكن تقسيم الوادى الرئيسى إلى عدد من القطاعات، تبعاً لكل من الاتجاه العام للوادى، وانحدار قاعه، وشكل قطاعه العرضى، وشكل سفوح الجوانب، والقاع، ووضع المجرى، بالإضافة إلى أشكال السطح الأخرى، التى لها علاقة اتصال بالوادى الرئيسى وبالتالي بعملية التصريف، وشكل وحركة واتجاه الجريان فى الوادى، وخاصة مصبات أودية الروافد والمراوح الفيضية والمدرجات، ويوضح الشكل رقم (٣) هذه الجوانب المورفولوجية وفيما يلى توصيف كامل للجوانب المختلفة السابقة فى كل قطاع من قطاعات الوادى وهى كالتالى:

(أ) القطاع بين مدينة سانت كاترين وممر واطية:

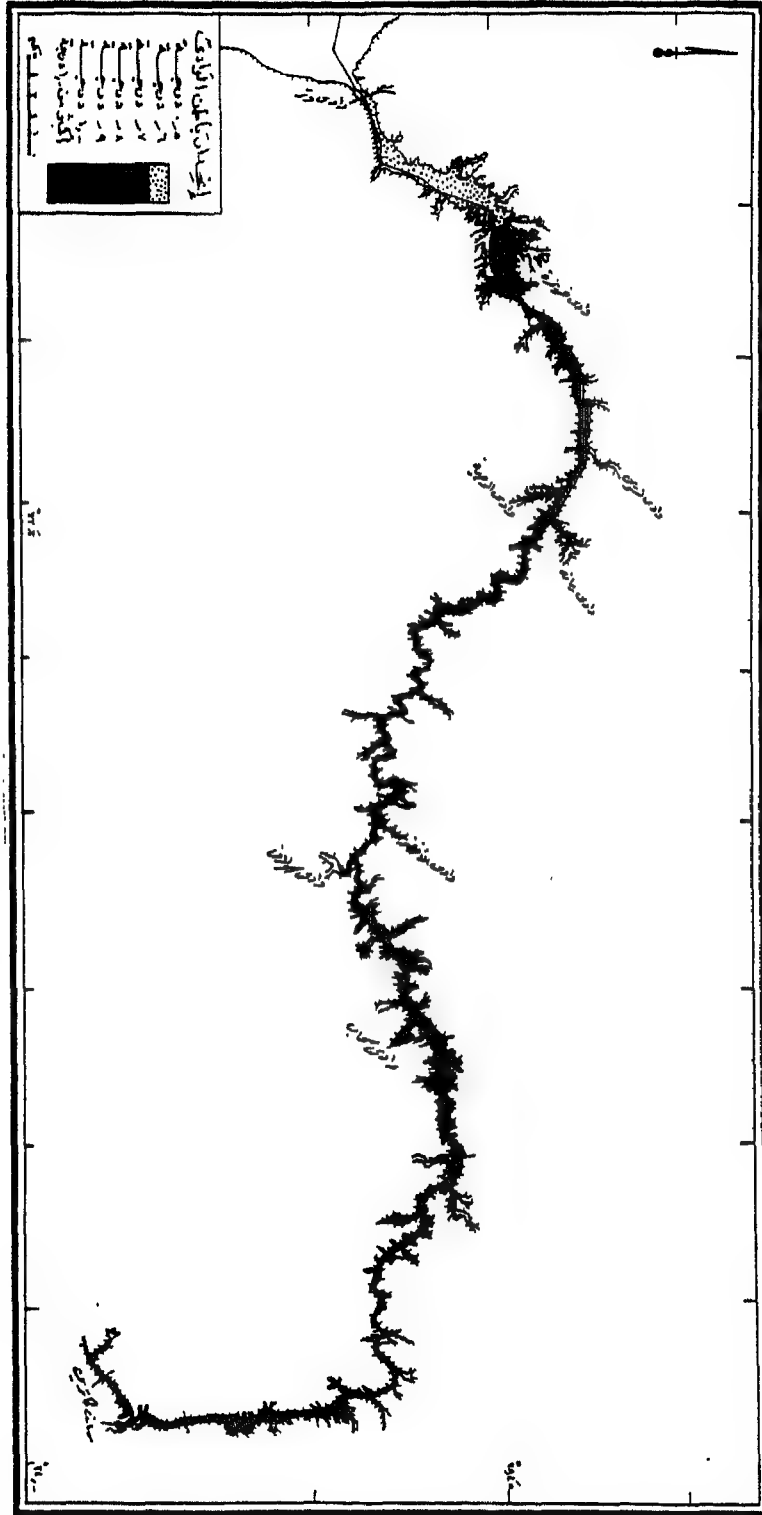
ويجرى الوادى فى هذا القطاع فى اتجاه عام من الجنوب إلى الشمال فى شكل أقرب للاستقامة؛ كنتيجة لالتزامه بخط احد الصدوع القوية التى تسلك نفس الاتجاه. ويبدأ فى الجنوب ضيقاً، ثم يزداد اتساعاً مع الاتجاه للشمال. ويتراوح عرضه بين ٤٠٠-٦٠٠ متر، ويزيد عن ذلك كثيراً فى الأجزاء التى تمثل مصبات الروافد الكبيرة، ومن أهمها من الجنوب للشمال الراحة وأبو مروه ومحسن ونجدات التمر (من الجانب



شكل رقم (٣) مورفولوجية الوادي الرئيسي

الأيسر)، واسباعيه (من الجانب الأيمن)، إلى جانب بعض الروافد الصغيرة الأخرى. وتنتهى مصبات هذه الروافد مكونة بعض المـراوح الفيضية، والتي توجد سطوحها على نفس مستوى سطح قاع الوادى الرئيس كما تتكون من نفس نوعية رواسبها؛ وهذا راجع إلى أن مصدر الرواسب غالباً واحد وهو صخور الجرانيت القلوى *Alkaline, undeformed granitic rocks*. ورغم أن قاع الوادى فى هذا القطاع يبدو فى معظمه مستو تقريباً *Flat*، إلا أن انحداره يختلف بين جزء وآخر، فهو يزيد عن درجة واحدة فى الجزء الواقع داخل المدينة (سانت كاترين) وحتى مصب وادى اسباعيه على حين يتراوح بين ٠,٨ - ١ درجة للشمال من هذا الجزء وحتى ممر واطيه (شكل رقم ٤) الذى يوضح درجات الانحدار على طول قاع الوادى. وفى هذا القطاع يوجد مجرى واضح محدد يشق رواسب القاع وأن كان يتميز بضوئته، وانخفاض عمقه، واتساعه النسبى والذى يتراوح بين ٥ - ١٠ أمتار. وقد يتحول إلى التشعب فى بعض الأجزاء فيظهر أكثر من مجرى.

وفى هذا الجزء تظهر جوانب الوادى شديدة الانحدار فى أغلبها تقطعها مخارج الروافد كما يحددها العديد من المجارى الصغيرة. وقد تنتهى هذه السفوح إلى القاع فى شكل زاوية حادة. وتظهر سفوح البدمنت فى الأجزاء الدنيا منها فى شكل متدرج كثيراً ما يستغل فى عملية السكن من قبل البدو أو بعض الشركات العاملة بالمنطقة. ويتراوح ارتفاع هذه الجوانب بين ١٠٠ - ١٥٠ متر. وتظهر السفوح فى شكل محدب فى جزئها العلوى يليه قطاع مستقيم يمثل الجزء الأكبر، وكلاهما يبدو خالياً من الرواسب تقريباً، وقد يتبع ذلك جزء مقعر فى حالة تواجد سفح البدمنت، ويظهر القطاع العرضى للوادى على شكل حرف (U) .



شكل رقم (٤) درجتي الاضرار على طول الوادي

(ب) القطاع بين ممر واطيه ومصب وادى بياض (واحة الطرفة):

يتسم هذا القطاع بوجوده على شكل خانق تحتله واحة الطرفة بمزارعها وأشكال العمران المختلفة فيها رغم ضيق قاع الوادى وكثرة- تعرجاته وانثناءاته ، والتي قد ترجع إلى تعامد عدد من الصدوع على اتجاه الوادى وكذلك نوعية التكوينات الجيولوجية. ولا يزيد عرض قاع الوادى فى هذا القطاع عن ٣٠٠ متراً إلا فى مناطق مصبات الروافد أو الأجزاء المقعرة فى الثنيات. ويغضى القاع برواسب غالباً ما تتكون من الرمال الخشنة مع بعض الحصى ، والتي يصل سمكها إلى ما يزيد عن ٢٠ متراً (تبعاً لعمق بعض الآبار المستغلة فى الواحة). كما يزيد انحدار القطاع عن درجة واحدة. ومعظم القاع يعتبر مستغل بالمزارع والسكن. ويوجد مجرى ضحل يتراوح عرضه بين ٣-٤ أمتار محصوراً بين المزارع والطريق المعبد الرئيسى الذى يسير بطول الوادى مما يعمل على زيادة درجة الخطورة عليه مع أى عملية جريان تمر خلاله. وتنخفض سفوح جوانب الوادى بشكل ملحوظ ، حيث يتراوح بين ٤٠-٨٠ م فوق قاع الوادى ، ويزيد المقطع المستقيم فى وسط السفح كما يظهر الجزء الأعلى محدب ، والجزء الأدنى فى شكل مقعر، ويرجع هذا فى الغالب إلى طبيعة التكوينات الدايورائيتية الكلسية والكوارتزيتية التى تكون الجوانب والتي تتميز بزيادة فعل وتأثير التجوية عليها **deeply Weathered** ؛ مما أدى إلى وجود كميات كبيرة من الرمال البيضاء خاصة فوق المراوح الفيضية للروافد، إلا أن السفوح ذاتها تبدو خالية من أية مفتتات ، ربما كان ذلك نتيجة لتعرضها لعمليات غسيل شبه مستمرة عن طريق رخات المطر والجريان الغطائى.

(ج) القطاع بين مصب وادى بياض وحتى مصب وادى

صواوين:

ويظهر الوادى فى هذا القطاع على شكل قوس كبير، حيث يبدأ الوادى فى الاتجاه إلى الشمال الغربى حتى مصب وادى مرير ثم يغير اتجاهه إلى الغرب مباشرة حتى وادى حشيشيت الهمال حيث يتحول إلى الاتجاه الجنوبى الغربى ، ويظل كذلك حتى يقترب من مصب وادى سولاف أحد أهم روافده والواقع للشرق مباشرة من واحة فيران.

ويتميز هذا القطاع باتساع القاع بدرجة كبيرة وتبتعد جوانبه التى تحافظ على نفس مناسيبها فى القطاع السابق. كما يقل عدد التدرجات والثنيات وتتحول إلى ثنيات واسعة، كما يقطعها عدد من الأودية الكبيرة إلى جانب الصغيرة، والتى تنتهى إلى الوادى بعدد من المراوح الفيضية التى تتناسب أبعادها مع مساحات أحواض الروافد. وبشكل عام يتراوح عرض القاع بين ٤٠٠-٦٠٠ متر وفى بعض الأماكن يصل إلى ٩٠٠ متر كما يتراوح الانحدار بين ٠,٧-١ درجة. ولا تختلف الرواسب التى تشكل القاع من حيث حجمها عنه فى القطاعات السابقة إلا فى بعض الأجزاء حيث توجد الرواسب الطميية التى خلفتها السيول الحديثة وبسمك يتراوح بين ١٠-٢٠ سم. ويشق هذه الرواسب مجرى ضحل واسع وبعرض يزيد عن ١٠ أمتار ويتعرج بشكل واضح بين جوانب الوادى من جانب إلى آخر ليقطع الطريق فى مواقع متعددة، كما قد يتحول إلى أكثر من مجرى وخاصة عند اتصال مجارى الروافد به.

ويصل ارتفاع سفوح جوانب الوادى بين ٢٥-٥٠ متراً وأن كان هذا لا يمثل الشكل العام للمنطقة حيث تظهر الأجزاء القريبة من السواوى فى شكل أعلى ارتفاعاً وأشد تقطعاً وخاصة على الجانب الأيمن للسواوى.

وتتميز سفوح جوانب الوادى بتراكم كميات كبيرة من المفثات الناتجة عن تحرك المواد المجواه إلى الأجزاء الدنيا مكونة ركامات talus ؛ مما قد يؤدي إلى احتمالات زيادة الفقد من الاتسياب السطحي والغطاءات الفيضية فوق هذه السفوح من جهة ، كما تعمل على زيادة حمولة الجريان الواصلة إلى الوادى تحت ظروف رخات المطر القوية.

(د) قطاع واحة فيران:

ويبدأ من وادى صواويين فى الشرق وحتى مصب وادى القصير فى الغرب ويجرى الوادى فى هذا القطاع فى اتجاه عام من الشرق إلى الغرب ويتميز الوادى فيه بظهوره على شكل خانق عميق ضيق جوانبه شديدة الانحدار، كما يميل إلى التعرج بشدة مشكلاً عدداً من الثنيات القوية المتتالعة، ورغم ذلك يتمثل به أحد أكبر التجمعات السكانية على طول الوادى ،حيث قرى واحة فيران بالإضافة إلى المزارع والبساتين ؛ مما يعمل على زيادة احتمالات الأخطار والمشاكل التى يمكن أن تنتج عن عمليات الجريان. ومما يزيد أيضاً من حدة الخطورة اتصال كل من وادى سولاف (من الجانب الأيسر) والأخضر (من الجانب الأيمن) بالوادى الرئيسى قبل بداية الواحة مباشرة من الشرق ؛ مما يعنى وصول كميات كبيرة من مياه الجريان إلى هذه النقطة فى وقت واحد. هذا بالإضافة إلى العديد من الروافد التى تصب فى قطاع الوادى الرئيسى الذى تتمثل فيه الواحة والتى غالباً ما تتمثل منابعها فى أجزاء شديدة الارتفاع، حيث يوجد عدد من الجبال من أهمها جبال أحمر وسراييل وعبورة والطر على الجانب الأيسر. وجبال جوزة ومعين والبنات على الجانب الأيمن، وهى أودية قصيرة وشديدة الانحدار وسريعة الجريان. وترجع هذه الخصائص

إلى أن المنطقة تسود بها صخور متحولة شديدة الصلابة كما يقطع الوادى أحد الصدوع القوية التى تتجه فى نفس اتجاهه تقريباً، بالإضافة إلى العديد من الصدوع العمودية على مجراه والتى أدت إلى وجود هذه التثنيات فى مقطعة.

وبشكل عام لا يزيد اتساع قطاع الوادى عن ٢٠٠ متر إلا فى مناطق مصبات الروافد، حيث قد يصل إلى ٢٥٠ متر. كما تصل درجة انحداره إلى حوالى ٠,٨ درجة، ويتكون من الرمال الناعمة والطمى مع وجود بعض الأجزاء الرملية الخشنة. ويشق القاع مجرى يكاد يختفى بين المزارع والمساكن والبساتين، إلا أنه يظهر واضحاً فى مناطق التثنيات، حيث يترنح جهة اليمين وجهة اليسار ليقطع الطريق فى عدد كبير من النقاط ، معرضاً المزارع والمساكن لخطر واضح أو قد يتحرك لمسافات ليست قصيرة فوق الطريق ذاته.

وعلى جوانب الوادى يجرى العديد من المسيلات rills التى قد تتحول إلى مجارى أكبر Gullies ، والتى يمكن أن تنقل كميات كبيرة من مياه الجريان والرواسب إلى هذا الجزء من الوادى. كما يرفد الوادى عدداً من الروافد الأكبر نسبياً ومن أهمها أودية اخبار وسياج ونفوس (على الجانب الأيمن) ، والعمليات وعجلة (على الجانب الأيسر) ، وتنتهى هذه الأودية إلى الوادى الرئيسى فى شكل مراوح فيضية ليست واسعة، ولكن سطوحها أعلى من مستوى السهل الفيضى ويزيد فيها الانحدار، وهذا راجع إلى ما تجرفه هذه الوديان من مواد خشنة فى معظمها تستغل من قبل سكان الواحة فى عمليات السكن، وتمثل الاتجاه الأمثل لنمو السكن وأن كان يتمثل بها بعض المشاكل والمخاطر.

وجدير بالذكر أن السدود القارية تلعب دوراً واضحاً فى شكل

المنطقة والوادي، وكذلك المياه الجوفية التي كان لها أثر واضح في تكوين ووجود الواحة.

(هـ) القطاع بين واحة فيران ومصب وادي الندية البيضاء:
ويمثل هذا القطاع الجزء الأخير من الوادي في التكوينات النارية ، حيث تبدأ التكوينات الرسوبية عند نهاية القطاع لتشكل الوادي حتى مصبه. وفي هذا القطاع يتجه الوادي من الجنوب الشرقي للشمال الغربي ، ويبدأ في الاتساع بعد خروجه من خانق واحة فيران. ويزيد الاتساع بدرجة واضحة مع الاتجاه ناحية المصب ، حيث يبدأ عرض قاع الوادي بمتوسط حوالي ٣٥٠ متر، ثم يصل إلى حوالي ٥٠٠ متر قرب نهاية القطاع، ويزيد عن ذلك في مناطق مصبات الروافد ، والتي من أهمها السمراء والبيضاء (على الجانب الأيسر) ورمانة (على الجانب الأيمن) والأخير يعتبر من أهم وأكبر روافد وادي فيران.

وينخفض انحدار القاع بشكل ملحوظ حيث لا يتعدى ٠,٦ من الدرجة. كما يتميز باختلاف نوعية وحجم الرواسب فيه، حيث تميل إلى الخشونة والتي قد تصل إلى حد وجود جلايد boulders ناتجة في أغلبها عن انفصال بعض الكتل من جوانب الوادي الشديدة الانحدار؛ وتعمل حركة الجريان على تكسيرها وتسوية جوانبها وأن كان من المشكوك فيه إمكانية نقلها كما هي. وتوجد بعض الرواسب الأقل خشونة عند مصبات الأودية الشديدة الانحدار السريعة الجريان مثل شريف والطرف والنهبان واماييم. كما توجد الرواسب الرملية التي تغطي اجزاء واسعة من قاع الوادي، تزداد مساحاتها مع الاتجاه ناحية المصب واتساع القاع في الوادي. ويتميز هذا القطاع بشدة انحدار جوانب الوادي ويميل السفح إلى

الاستقامة وان كانت تظهر بعض الأجزاء المقعرة والمحدبة. كما يتميز بوضوح المجرى، والذي يميل إلى التشعب فى الأجزاء التى يتسع فيها الوادى، والتي يلتقى فيها مع مجارى الروافد التى تغذيه من الجانبين.

(و) القطاع بين وادى البيضاء وبداية دلتا الوادى:

ويبدأ من مصب وادى البيضاء وحتى بداية الدلتا عند الطرف الشمالى لجبل العكمة ويظهر على شكل قوس كبير، يبدأ فى الشرق فى الاتجاه ناحية الشمال الغربى، حتى مصب وادى نسرين، ثم يتجه إلى الغرب حتى مصب وادى العيسية، ثم يبدأ فى التحول إلى الجنوب الغربى حتى تقاطع طريق الطور مع الطريق المؤدى إلى سانت كاترين، بعدها يبدأ فى الاتجاه إلى الغرب. ويتميز هذا القطاع بعدد من الميزات من أهمها:

- ١- أن هذا القطاع يمثل حوالى ما يقرب من ثلث طول الوادى الرئيسى بالكامل وعلى ذلك فهو يمثل أطول القطاعات جميعاً.
- ٢- أن الوادى فى هذا القطاع يجرى فى التكوينات الرسوبية التى تتغلير فى نوعيتها، ويخرج من التكوينات النارية والمتحولة، ولذلك يميل الوادى إلى الاستقامة نسبياً والتقوسات الواسعة الكبيرة، كما يزيد اتساع قاعه.
- ٣- يزيد اتساع الوادى عنه فى أى قطاع سابق حيث يتراوح متوسط العرض بين حوالى ٥٠٠ متر فى بداية القطاع، ويصل إلى ما يقرب من ١٤٠٠ متر قرب نهايته.
- ٤- يوجد المجرى فى شكل متشعب حيث يتفرع وتلتقى فروعه على طول قاع الوادى وتتميز الشعاب رغم تداخلها بوجود مجرى رئيسى

- واحد ،على حين تعتبر بقية المجارى ثانوية.
- ٥ - يغطي قاع الوادى بكميات من الرواسب التى يزيد سمكها عن ٣٠ مترا (تبعاً لأعماق الآبار فى المنطقة) ، وهى تتكون فى أغلبها من الرمال الخشنة مع بعض الحصى والحصباء.
- ٦ - تظهر جوانب الوادى منخفضة لا تزيد عن ٥٠ متر، وقد تنخفض إلى حوالى ٢٠ متراً فقط فى بعض الأجزاء. كما تظهر سفوحها فى شكل محدب أو مقعر ويغيب الجزء المستقيم منه.
- ٧ - تظهر على طول الأجزاء الدنيا بعض المصاطب المستوية التى لا يزيد ارتفاعها عن عدة أمتار، كما تظهر ركامات الهشيم talus تغطي معظم الأجزاء الدنيا من السفوح ،وقد تظهر بعض الكتلان الرملية خاصة قرب مصب وادى خريزة، وذلك كنتيجة لعمليات التجوية السائدة فى تكوينات الحجر الرملى.
- ٨ - توجد بعض المرتفعات على جانبي الوادى فى شكل تلال من أهمها جبال العيسية وقطار.
- ٩ - تبعاً للمعطيات السابقة فان هذا القطاع يمثل بشكل عام منطقة فقد وضياح بالنسبة لعمليات الجريان فى الوادى ، وخاصة مع اتساع الوادى ، وتشعب مجراه ، وخشونة رواسب قاعه ، ونوعية التكوينات الجيولوجية.

(ز) قطاع دلتا الوادى:

وتبدأ قمتها بمجرد خروج الوادى من بين جبلى عكمه فى الجنوب ووثر فى الشمال ، وتظهر الدلتا على شكل مثلث قاعدته على ساحل خليج السويس. ويصل طولها إلى حوالى ٩ كم من القمة حتى رأس شرانيب

على خط الساحل ، كما يبلغ أقصى عرض لها من الجنوب إلى الشمال حوالى ١٢ كم. على حين تضيق عند القمة حتى تصل إلى ٠,٦ كم فقط. وتتكون فى معظمها من رواسب رملية خشنة مع بعض الحصى والحصباء والزلط ، وتزيد نسبة المواد الخشنة مع استواء السطح، والقرب من البحر ، وعدم توافر أى من أشكال الحماية الطبيعية.

ويتدرج انحدار سطح الدلتا فى اتجاه سطح البحر ويتراوح ارتفاعها عند القمة إلى حوالى ٨٠ مترا ، بينما يمثل خط الصفر ساحل الخليج نهايتها ، ويمر خط كنتور ٤٠ م فى وسطها فى شكل قوس يتجه من الشمال إلى الجنوب، على حين يمر خط ١٠ م بجوار الطريق الساحلى الذى يربط بين جنوب سيناء والنفق.

ويتفرع المجرى فوق سطح الدلتا إلى عدد من المجارى الواسعة الضحلة ،والتي تسير فى اتجاهات مختلفة ، وان كان يمكن تمييز ثلاثة مجارى واضحة ورئيسية تجرى فى النصف الجنوبى من الدلتا، على حين يجرى مجرى واحد فقط فى نصفها الشمالى.

وتمثل هذه المنطقة منطقة فقد، بالنسبة لمياه الجريان ، كما هو الحال فى القطاع السابق ، إلا أنه يجب النظر إليها على أنها تمثل إحدى الأجزاء الهامة التى يمكن أن تقوم بها عمليات التنمية الزراعية بمجرد توفير المياه اللازمة لذلك.

سادسا: استخدام الأرض:

ويوضح الشكل رقم (٥) استخدام الأرض فى الوادى طبقاً لعملية المسح التى أجريت وكذلك المصادر الأخرى. ومنها يمكن ملاحظة أن أشكال العمران واستخدام الأرض تمتد على طول الوادى الرئيسى، حيث

تنتشر المزارع والمساكن والآبار بالإضافة إلى الطريق المعبد ، والذي يمثل المنفذ الوحيد إلى الداخل منطقة جنوب سيناء ، إلى الغرب حيث الطريق الساحلى المؤدى إلى غرب القناة. وتتركز أشكال استخدام الأرض في عدد المناطق العمرانية ، لعل أهمها مدينة سانت كاترين وقرية واحدة الطرفة ثم قرى واحدة فيران ، بالإضافة إلى التجمعات البدوية وبعض الشركات العاملة في المنطقة ، ويرجع تركزها في باطن الوادى إلى توافر مصادر المياه الجوفية والتربة الخصبة ، بالإضافة إلى دور الطريق كعامل جذب هام ، مما جعل من باطن الوادى منطقة للتجمع والاستقرار.

وتحت ظروف تواجد أشكال العمران واستخدام الأرض فوق قاع الوادى فإن أى جريان مائى فى الوادى أو حتى جزء منه لابد وأن يؤدى إلى عمليات تخريب وتدمير لأشكال الحياة المختلفة - وهذا ما حدث بالفعل خلال عمليتى الجريان السابق الإشارة إليهما، حيث لا تزال الآثار

۱۳۲

الناجمة عنهما واضحة للعيان، ويتمثل ذلك فى أشكال التآكل والتدمير على طول الطريق حيث أزيلت أجزاء كاملة منه. كما دمرت السيول العديد من المزارع، وأدت إلى ردم بعض الآبار عن طريق ما نقلته الروافد التى تجرى على سفوح جوانب الوادى من كميات كبيرة من الرواسب إليها، وقد حدث هذا لمعظم آبار مزارع المنطقة، مما يخلق مشكلة صعبة بالنسبة للمزارعين فى المنطقة. إلا أنه لم يلاحظ تهدم لمساكن أى من القرى. وربما هذا راجع إلى أن أى من البدو سكان هذه القرى لديه من الخبرات السابقة ما جعله ينتقى موقع منزله بعيداً عن الأماكن التى تتحرك فيها المياه، وأن كان هذا ليس صحيحاً فى كل الأحيان خاصة أمام عمليات الجريان القوية.

ومع ما توليه الدولة من اهتمام بالغ بتنمية هذه المناطق ومع زيادة النشاط السياحى واستغلال إمكانات البيئة فى المنطقة ؛ فإن باطن الوادى الرئيسى تمثل أكثر المناطق جذباً ، خاصة مع توافر خدمات الطريق والمواصلات والكهرباء والماء والخدمات الأخرى. مما يعنى أن مزيداً من الاستغلال للأرض والامتداد العمرانى وإقامة المشروعات سوف يكون لها مكان على أرض الوادى خلال الفترة القصيرة القادمة، وفى المقابل فإن المشكلة سوف تزداد حدة وخطورة.

ومع ملاحظة أن أغلب المشروعات التى تنفذ عن طريق الدولة أو الأفراد لا يراعى فى إقامتها ظروف وطبيعة الجريان فى الوادى، وخاصة من حيث حركة واتجاه الجريان وكميته وتكراره، ويكون ذلك أما نتيجة لعدم توافر الدراسات التفصيلية السابقة عن مواقع إقامة هذه المشروعات والظروف الطبيعية المحيطة بها، أو لعدم توافر الخبرة، أو ربما لارتفاع التكلفة ، وهذا واضح تماماً فى أشكال العمران الحديثة وخاصة المدارس

والوحدات الصحية ومراكز الخدمات المختلفة ، هذا بالإضافة إلى الطريق ذاته بوضعه الحالي وطريقة بنائه، مما سوف يؤدي إلى زيادة حدة المشكلة وتعقيدها ، ان لم يتم تدارك هذا الخلل وبسرعة. لذلك فان هذه الدراسة ورغم ما تقدمه من حلول للمشكلة على طول الوادي ككل إلا انه لابد من توجيه نظر المسؤولين إلى حجم المشكلة وضرورة الحاجة إلى المزيد من الدراسات التفصيلية.

سابعاً: حركة واتجاه الجريان على قاع الوادي:

من الدراسة الميدانية وعمليات المسح على طول قاع الوادي وفحص الخرائط المصورة، والخرائط الطبوغرافية أمكن التعرف على اتجاهات الجريان وتحديد حركته على قاع الوادي وعلاقته بالطريق ووضعه بالنسبة لأشكال استخدام الأرض الأخرى ، وهذا واضح من الشكل رقم (٦). وبصفة عامة فانه يمكن تقسيم هذه الحركة إلى ما يلي:

١- أماكن يتحرك فيها الجريان في مجرى محدد -أو ربما أكثر من مجرى- يقع على أحد جانبي الطريق الممتد بطول الوادي.. وتتمثل هذه الأماكن بصفة أساسية في الأجزاء التي يتسع فيها قاع الوادي وتتركز في الجزء الأدنى من الوادي، حيث يشق مجراه في التكوينات الرسوبية (فسي القطاعات المحصورة بين مصب وادي رمانة وحتى الخليج من الوادي).

150

كما تتمثل فى بعض الأجزاء الأخرى من الوادى. كما هو فى الجزء الواقع بين واحتى الطرفه وفيران. وكذلك أجزاء صغيرة بين مصب وادى اسباعية شمال مدينة سانت كاترين وحتى مدخل الطريق المؤدى إلى مطار كاترين ومدينة نويبع، حيث يتسع قاع الوادى فى كليهما نسبياً.

ويلحظ على المجرى فى هذه الأجزاء انه ضحل وواسع. وكما ذكر من قبل أن هذا المجرى قد يتشعب إلى أكثر من مجرى خاصة فى حالة التحام مجارى الروافد واتصالها به، حيث يشق الرافد مجراه فوق باطن الوادى الرئيسى لمسافة ما قبل أن يتصل بالمجرى الرئيسى. كما يتشعب المجرى الرئيسى للوادى كنتيجة لانخفاض سرعة الجريان مع الحمولة الكبيرة من الرواسب، أو وجود بعض العوائق فى المجرى مثل الشجيرات أو الجلاميد الكبيرة، وكذلك مع اختلاف التضاريس الدقيقة فوق قاع الوادى، وبصفة خاصة فى الأجزاء الواسعة.

٢- أماكن يقطع فيها الجريان قاع الوادى فى اتجاه شبه عمودى على اتجاه الوادى الرئيس أو بميل عليه وينتج هذا عن:

(أ) اندفاع الجريان من الروافد الجانبية فى نفس اتجاهها بعد اتصالها بالوادى، وخاصة فى حالة الروافد الشديدة الانحدار. مما يؤدي إلى قطع الطريق فى نقط تقاطع مختلفة. وتتمثل هذه الحركة على طول أجزاء الوادى.

(ب) كنتيجة للتغاير الذى يحدث فى اتجاه حركة الجريان فى مناطق التثنيات حيث يتحرك الجريان بين الجانب المكدب والجانب المقعر وبالعكس. ومع ازدياد عدد التثنيات فى بعض الأجزاء فان هذا يؤدي إلى تأرجح المجرى بين جوانب الوادى قاطعاً القاع قدوماً ورواحاً، ويتمثل هذا بوضوح فى واحتى الطرفه وفيران، مما يؤثر على الطريق والمزارع

الواقعة داخل حيز قاع الوادى.

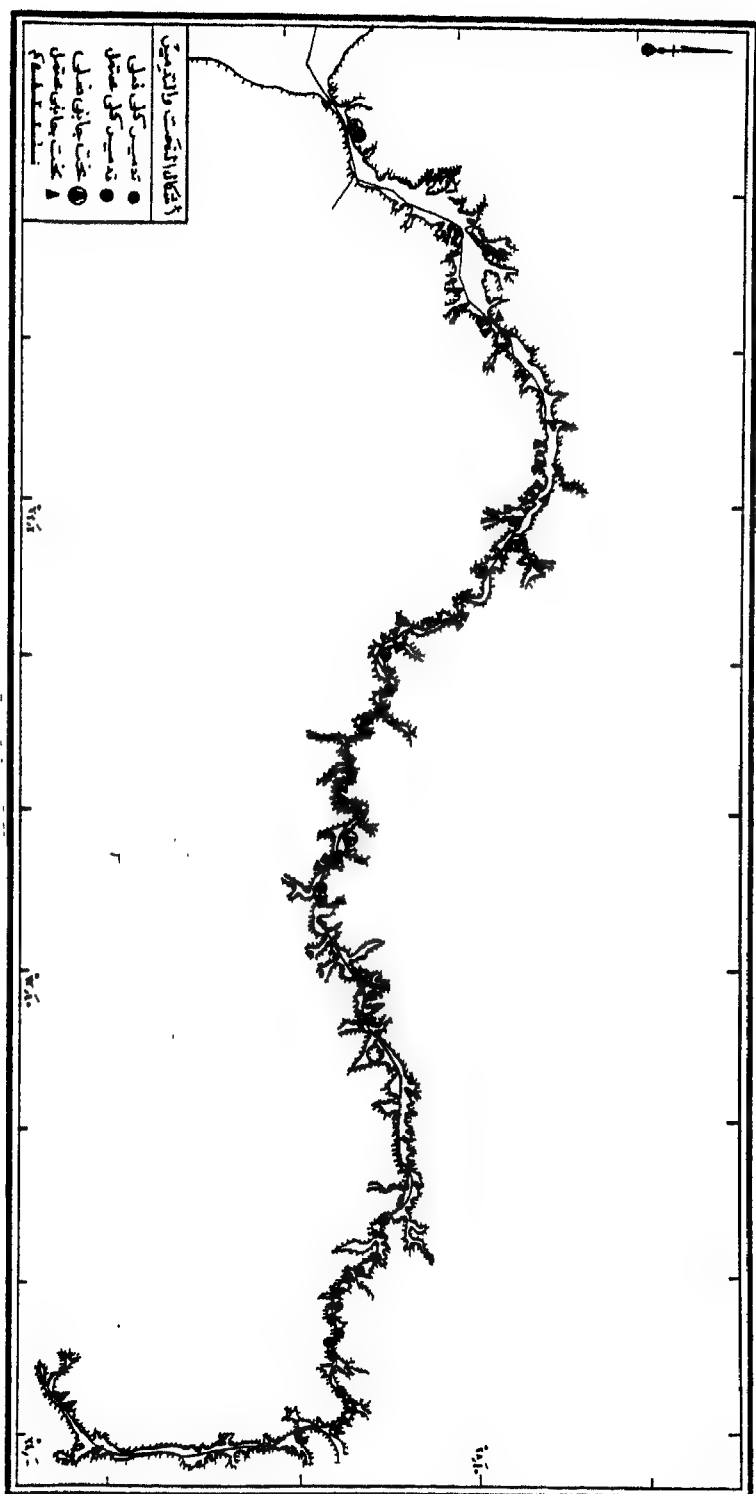
٣- فى بعض الأماكن الضيقة (المضائق) تتحرك المياه فوق الطريق مباشرة كنتيجة لضيق قاع الوادى ومد الطريق فيها.

ثامنا: أشكال النحت والتدمير فى الطريق ومظاهر العمران:
يوضح الشكل رقم (٧) أهم أشكال النحت والتدمير التى وقعت بالفعل نتيجة جريان السيلين السابقين، والمناطق التى لم يحدث بها تدمير ولكن يحتمل أن يقع فيها فى المستقبل، وخاصة مع عمليات الجريان القوية، وذلك تبعاً للمؤثرات التى أمكن استخلاصها من عملية المسح وما توافر من معلومات نتيجة لفحص الخرائط المصورة والطبوغرافية وكذلك الخرائط التى وردت فى الجزء السابق من هذا البحث.

ويمكن تقسيم عمليات النحت والتدمير التى وقعت فعلاً على استخدامات الأرض بالوادى إلى نوعين أساسيين:

١- مناطق تم فيها تدمير الطريق تدميراً كاملاً كما شمل التدمير بعض المزارع وردمت الآبار بها. وقد تمثلت هذه الظروف فى منطقتين أساسيتين هما واحتى الطرفة وفيران وقد نتج ذلك عن:
(أ) تميز هذه المناطق بخصائص مورفولوجية معينة من أهمها كثرة التنيات والانحناءات فى المجرى والوادى، ووجود الوادى على شكل خانقى ضيق.

(ب) أثرت هذه الخصائص على حركة واتجاه الجريان، حيث



شكل رقم (٧) اشكال النهر والقمير

كان للتغيرات فى اتجاه الجريان أثر كبير فى زيادة نسبة المناطق المدمرة
والتي تم نحتها على طول باطن الوادى .

(جـ) أدى تركيز الاستخدام البشرى ومظاهر العمران فى هاتين
المنطقتين بكثافة عالية إلى أن أى انحراف أو تغير فى اتجاه الجريان لابد
وأن يؤدي إلى عملية نحت وتدمير فى أى من أشكال استخدام الأرض.

٢ - مناطق تم فيها النحت والتدمير بشكل جزئى، حيث تم
نحت أجزاء من جوانب الطريق، أو تآكل أسوار المزارع أو أجزاء منها
، ويمثل هذا الشكل فى أجزاء وقطاعات كبيرة من الوادى. ويرجع النحت
الجزئى هنا إلى تحرك الجريان فى مجرى مجاور للطريق ثم انحرافه
ناحية الطريق تحت بعض الظروف، على سبيل المثال: الاختلاف فى شكل
قاع المجرى أو الانحناءات الخفيفة. ويمكن حصر هذا الأسلوب فى
قطاعين اثنين من الوادى الأول منها: القطاع الواقع بين واحى الطرفه
وفيران والثانى القطاع الذى يلى واحة فيران مباشرة (إلى الغرب منها)
وحتى مصب وادى أبو طريفية. وجدير بالذكر هنا أن ارتفاع منسوب
الطريق فوق قاع الوادى بدرجة كبيرة وخاصة فى الأجزاء التى يجاوره
فيها المجرى مع عدم توافر أى من أشكال الحماية والتكسية، قد أدى إلى
زيادة فرصة النحت والتآكل فى الأجزاء المكشوفة من جوانب الطريق
وبالتالى تدمير الطريق ذاته .

كذلك يتضح من الخريطة (شكل رقم ٧) أن هناك بعض المناطق
التي يمكن أن تتعرض لعمليات تدمير كامل أو نحت جزئى فى المستقبل
خاصة مع جريان السيول القوية . وتتركز هذه المناطق فى النقاط التى
يقطع فيها المجرى الطريق ، وكذلك فى المناطق التى تمتد بها أشكال

العمران، ولكن لم تتعرض لتأثير كلاً السيلين السابقين، وتعتبر أجزاء من مدينة سانت كاترين وما يتبعها من القرى السياحية والمخيمات المنتشرة للشمال مباشرة من المدينة .

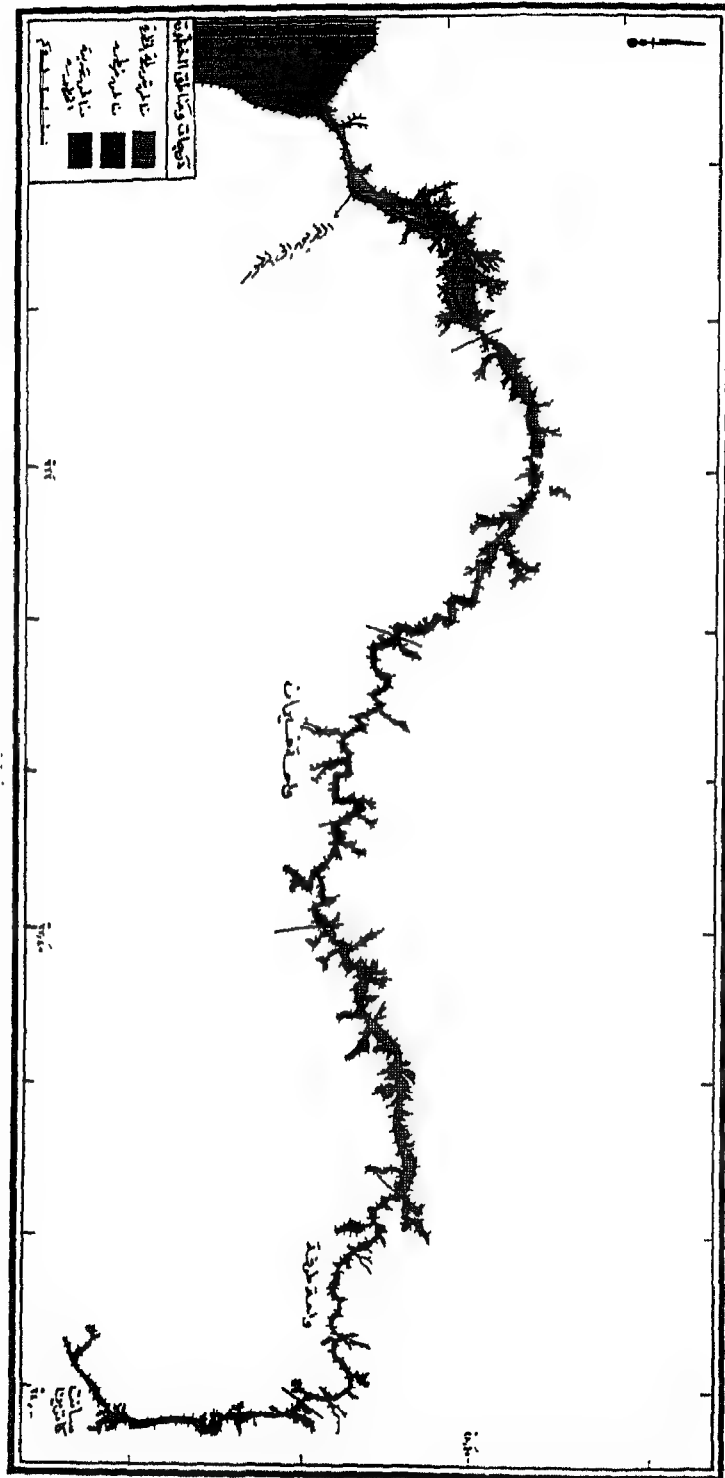
والجزء الواقع قبل ممر واطيه والقطاع الواقع قبل مصب وادي رمانة من أهم المناطق التي يمكن أن تتأثر بشكل كبير في المستقبل وخاصة تحت ظروف السيول القوية.

كما أن هناك احتمال لحدوث جزئي في بعض المواقع كما هو في القطاعات الواقعة إلى الشمال من مصب وادي اسباعية (شمال سانت كاترين) ، وبعض الأجزاء الواقعة بين واحتى الطرفة وفيران وللغرب من مصب رمانة حتى قمة دلتا الوادي ، وهو قطاع كبير جداً من الوادي تحت هذه الظروف المحتمل حدوثها في المستقبل.

تاسعا: درجات ومناطق الخطورة:

تختلف درجات الخطورة بين جزء وآخر من الوادي كما تختلف مناطقها، وتبعاً للمعطيات والظروف السابقة فانه يمكن تقسيم الوادي تبعاً لدرجات الخطورة إلى ثلاثة أقسام رئيسية توضحها الخريطة (شكل رقم ٨) وهي كالتالي:

(أ) مناطق شديدة الخطورة: ويقصد بها تلك المناطق التي يحدث بها تدمير كلي مع أي عملية جريان، سواء في الطريق أو أشكال العمران والاستخدامات الأخرى. وتتركز بصفة أساسية في ثلاث مناطق أساسية هي مدينة سانت كاترين وواحة الطرفة وواحة فيران. ومن



شكل رقم (٨) درجت ومناطق الخطورة

الواضح أن هذه المناطق الثلاث تمثل مناطق التركيز السكاني والامتداد العمراني الحالي والمستقبلي كما تضم العديد من المشروعات والمزارع والآبار. كما أنها تتميز بخصائص جيومورفولوجية معينة مما يؤدي إلى زيادة درجة الخطورة بشكل كبير.

٢- مناطق خطرة: وهي تلك المناطق التي يمكن أن تتعرض لثحت أو تدمير جزئي في حالة السيول المتوسطة والمنخفضة، أو تدمير ونحت كلي في حالة السيول القوية. وتتمثل في ثلاث مناطق هي: المنطقة الواقعة إلى الشمال من مدينة سانت كاترين، والأجزاء التابعة لها وحتى ممر واطيه. ثم المنطقة المحصورة بين واحتي الطرفة وفيران وأخيراً المنطقة الواقعة إلى الغرب من واحة فيران وحتى شرق مصب وادي أبو طريفية. وتتميز هذه المناطق بانخفاض واضح في عمليات استخدام الأرض، وإن كانت تمثل المناطق المستقبلية.

وجدير بالذكر أنه يمكن وضع المنظمة شمال مدينة كاترين إلى ممر واطيه ضمن المنطقة الشديدة كما هو في الشكل رقم (٩) وذلك إذا أخذ في الاعتبار عمليات التنمية التي سوف تتم فيها في المستقبل لعمليات التنمية والامتداد العمراني.

٤- مناطق متوسطة الخطورة أو أقل خطورة. وتتمثل في القطاع الواقع إلى الغرب من وادي أبو طريفية وحتى مصب الوادي الرئيسي في الخليج شاملاً دلتا الوادي. وهو قطاع كبير من الوادي ويتميز بانخفاض واضح في عمليات الاستغلال والتجمعات السكنية رغم الاتساع الواضح لقاع الوادي، وأن كان لظهور بواذر وفرة المياه الجوفية وخاصة في نطاق تكوينات الحجر الرملي، ومع استغلال مياه السيول يمكن أن تصبح المنطقة ذات أهمية خاصة لعمليات

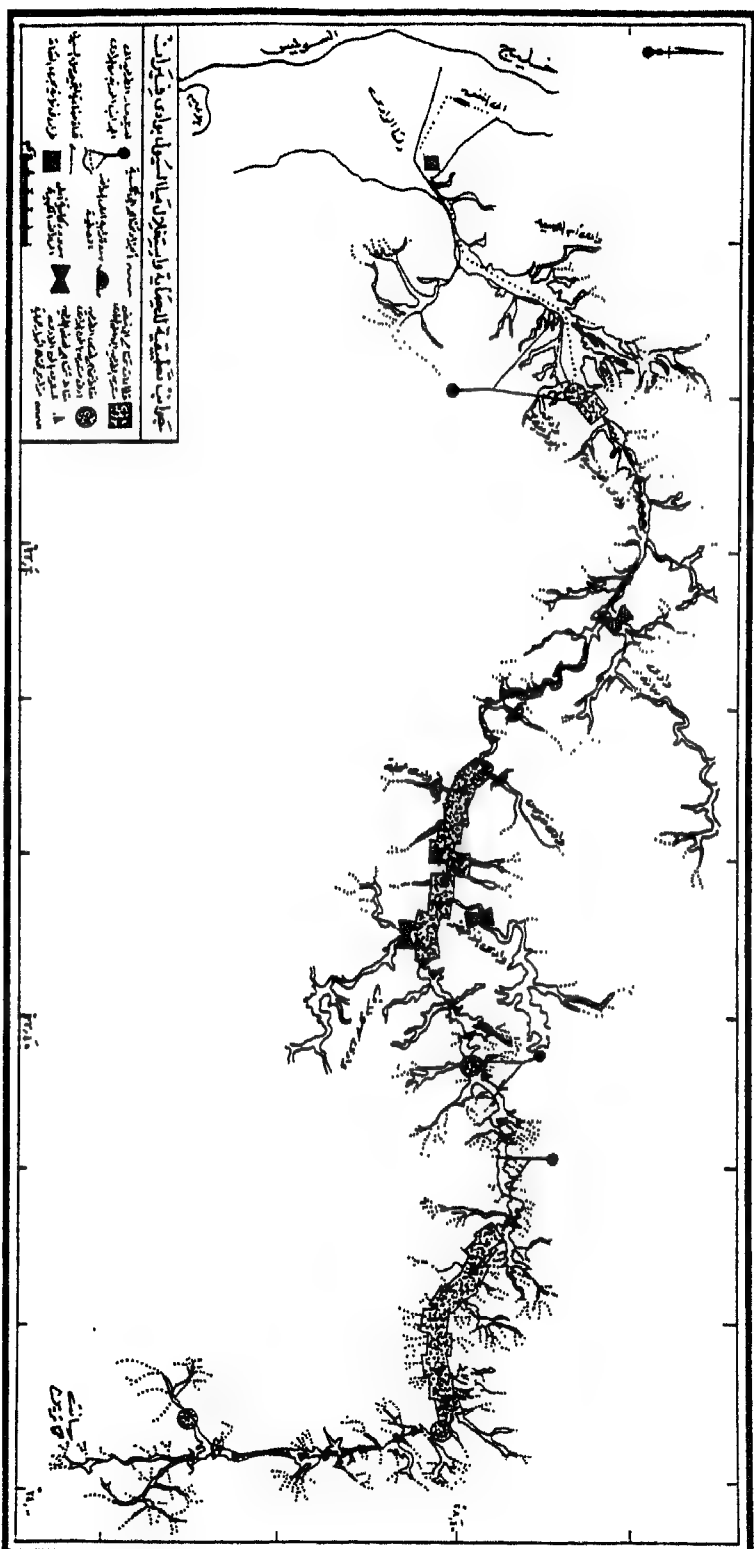
الاستصلاح والزراعة والتنمية المستقبلية فى المنطقة.

عاشرا: طرق وأساليب الحماية وتجنب الأخطار:

فيما يلى بعض المقترحات من الأساليب والطرق التى يمكن تطبيقها بغرض الحماية شبيه الكاملة للطريق المعبد، والتى يمكن أن تعمل على تحييد وتجنب الأخطار بالنسبة لأشكال الاستخدام البشرى المختلفة فى المنطقة. وتأخذ هذه الأساليب فى اعتبارها ضرورة استغلال مياه السيول التى تمثل أحد الموارد الطبيعية ذات القيمة العالية، والتى يمكن أن تساهم بدرجة كبيرة فى مجالات التنمية فى المنطقة. وتوضح الخريطة شكل رقم (٩) هذه الأساليب والطرق المقترحة ومواقعها على طول الوادى وبشكل عام يمكن إجمال هذه الأساليب والطرق فيما يلى:

أولاً: يقترح إقامة عدد من السدود الترابية الركامية -Earth Rock Fill dams على الأجزاء الدنيا لعدد من الروافد التى تغذى الوادى الرئيسى بالفيضان، ويقترح إنشاء ثلاثة سدود من هذا النوع على أودية الأخضر وسولاف ورمانة والمواقع المقترحة لهذه السدود موضحة فى الخريطة شكل رقم (٩). ومما يجدر ذكره أن اقتراح هذه السدود قد تم على أساس عدد من الاعتبارات يمكن إيجازها فيما يلى:

١- كبر مساحات هذه الأودية الثلاثة حيث تمثل أحواض تصريفها ما يقرب من نصف إجمالى مساحة حوض وادى فيران بالكامل (٨,٣ %٤)، كما تتراوح كثافة التصريف فى شبكاتها بين ٥-٨ كم/كم^٢.



شكل رقم (٩) طرق الحمية واستغلال مياه السيول

٢- فى السدين المقترحين على وادى سولاف والأخضر روعى فى توقيعهما إمكانية منع وصول الجريان إلى الوادى الرئيسى فى منطقة واحة فيران حيث يصب كلا الواديين للشرق من الواحة مباشرة وفى منطقة واحدة فى الوادى، مما يعمل على حدوث قمة جريان قوية فى حالة وصول الجريان من كلا الواديين فى وقت واحد أو متقارب إلى الوادى الرئيسى. ولذلك فلا بد من تحجيم الجريان وتقييده فى هذه المنطقة.

روعى فى اختيار موقع كلا السدين السابقين ضرورة وجودهما فى أقرب مكان ممكن لمصبيهما حتى تعطى الفرصة كاملة لتجميع مياه الجريان من كلا الحوضين بالكامل.

٤- إقامة السدين بأقل تكلفة ممكنة حيث تم اختيار موقعهما فى أماكن ضيقة من قطاعات الأودية.

٥- تسمح هذه الأماكن بوجود خزان ضيق وعميق أمام السدين مما يعطى الفرصة لتجميع المياه واستغلالها فى الأنشطة البشرية المختلفة، خاصة من قبل سكان واحة فيران. كما يمكن استغلالها فى بعض الأجزاء الواسعة المتمثلة فى بطون الروافد، وخاصة فى وادى سولاف حيث تتوفر مساحات واسعة مستوية بها تربة ناعمة ، مما يمكن من إنشاء بعض المزارع وهى مناطق مجاورة للخزانات.

٦- مما لا شك فيه أن تجمع المياه أمام السدين سوف يعمل على تغذية recharge المياه الجوفية ورفع منسوب الآبار فيها، وأن كان ذلك يحتاج إلى المزيد من الدراسات التفصيلية خاصة وأن وجود السدود النارية Dykes فى المنطقة قد يؤثر على حركة هذه المياه.

٧- وفى حالة سد وادى رمانة فان موقعه فى الجزء الأدنى

من الوادى سوف يعمل على:

(أ) تجمع مياه الجريان التى تنقلها شبكة التصريف وعدم وصولها إلى الوادى الرئيسى مما يقلل من خطورة الجريان فى الجزء الأدنى من الوادى الرئيسى الواقع بعد مصب رمانة. خاصة وأن وادى رمانة تزداد به درجات الانحدار ، ويميل حوضه إلى الاستدارة وترتفع به كثافة التصريف ، ويتكون سطحه من الصخور النارية والمتحولة العارية من الرواسب والمفتتات ، مما يوضح أنه من الأودية ذات الجريان القوى والفعال .

(ب) تجمع المياه أمام السد فى الموقع المقترح سوف يتيح الفرصة لاستفادة عدد من القرى الواقعة داخل الوادى قرب الموقع ومن أهمها قرى اليانس وأم القصور ، بالإضافة إلى بعض البدو المتجمعين حول الآبار المنتشرة فى المنطقة مثل بئر راتمة وبئر ونسرين. كما يمكن الاستفادة من المياه فى زراعة بعض الأجزاء الواسعة فى بطون الروافد القريبة.

(ج) سوف يؤدى وجود المياه السطحية إلى تغذية المياه الجوفية القريبة من السطح (خزان الرواسب السطحية) ؛ مما يعمل على ارتفاع منسوب مياه الآبار فيها، وبالتالي يعطى الفرصة لمزيد من التجمعات البدوية وتعمير المنطقة.

ثانياً: إقامة بعض الحواجز الترابية والحصىة قليلة التكلفة لغلق مجارى بعض الروافد ، وذلك باستخدام الرواسب المفككة المتوافرة بكميات كبيرة فى بطون هذه الأودية. ويعمل وجود هذه الحواجز على تخفيف حدة الجريان فى الوادى الرئيسى من جهة. وتغذية المياه الجوفية

السطحية من جهة أخرى. والأماكن المقترحة على الأودية هي كالتالى
(شكل رقم ٩).

- ١- وادى اسباعية (شمال مدينة سانت كاترين).
- ٢- وادى عجلة (يصب فى واحة فيران) وينبغ من جبل عبورة.
- ٣- وادى نفوس (يصب فى الطرف الغربى من واحة فيران) وينبع من جبل الجوزة.
- ٥- وادى القصير (يصب غرب واحة فيران).

ثالثا: يقترح إنشاء مجرى صناعى لتجميع مياه السيول بدءاً من أمام مصب وادى أبو طريفية ليقوم بتوصيل وتجميع هذه المياه فى خزان صناعى ويقترح حفره عند قمة دلتا الوادى الرئيسى. وسوف يعمل هذا على:

- ١- حماية الطريق فى جزء كبير منه، وكذلك توفير الحماية لأشكال النشاط البشرى المختلفة المتوقع إقامتها مع خطط التنمية المستقبلية فى هذا القطاع.
- ٢- تجميع المياه فى هذا الخزان سوف يوفر مياه سطحية يمكن استخدامها فى عمليات الشرب والزراعة. كما أن عملية التسرب من قاع وجوانب الخزان سوف تعمل على تغذية طبقة الرواسب السطحية وعدم تقدم مياه البحر (الخليج) داخلها ، مما يمكن من حفر آبار سطحية تحت ظروف التوازن التى سوف تتوفر نتيجة لذلك ، وبالتالي استغلال دلتا الوادى.
- ٣- أن الخزان سوف يعمل على تجميع الرواسب الناعمة

المنقولة مع مياه الجريان، مما يمكن من الاستفادة منها بنقلها لسطح الدلتا لتقليل الخشونة في تربتها ، أو على الأقل في بعض المزارع التي يمكن أن تنشأ فوقها.

٦- يمكن تصميم المجرى بحيث يستطيع استقبال مياه الروافد الواقعة على كلا الجانبين على طول قطاعه. وهو بهذا يكون مكملاً في عمله مع السدود السابق اقتراحها كنظام متكامل يعمل على توفير الحماية من جهة ، واستغلال كل قطرة من مياه الجريان من جهة أخرى.

رابعاً: بالإضافة إلى المقترحات السابقة فإنه يمكن تقديم مقترحات إضافية تساعد في محاولة تفادي الأخطار الواقعة على الطريق وحمايته منها وتتلخص فيما يلي:

١- المناطق التي يرتفع فيها منسوب الطريق فوق مستوى قاع الوادي وهو الوضع الذي يؤدي إلى تآكلها ونحتها. يقترح خفض مستوى الطريق في هذه الأجزاء إلى نفس مستوى باطن الوادي الذي يمتد فوقه وتتمثل هذه الأجزاء في منطقتين أساسيتين هما : منطقة واحة الطرفة ومنطقة واحة فيران. بالإضافة إلى جزء آخر صغير من الطريق يقع للشرق من مصب وادي أبو طريفية (شكل رقم ٩).

٢- أماكن يضيق فيها الوادي ويصبح الجريان مركزاً فوق الطريق ولذلك يلزم خفض منسوب الطريق إلى منسوب أدنى من قاع الوادي خلال مسافات لا تمتد أكثر من عشرات الأمتار حتى يتسنى لمياه الجريان التحرك بسهولة. والمواقع المقترحة لتنفيذ ذلك يوضحها شكل رقم (٩) وهي كالتالي:

(أ) الجزء الواقع للشمال من مصب وادي الراحة في الوادي

الرئيسى داخل مدينة سانت كاترين.

(ب) ممر واطيه.

(ج) جزء واقع غرب مصب وادى سهب (فى القطاع المحصور

بين الواحتين).

(د) الجزء الواقع عند مصب وادى أبو طريفية.

٣ - أجزاء من الطريق تتعرض للقطع نتيجة الثنيات والاختلافات فى اتجاه المجرى الرئيسى أو اتصال بعض الروافد الجانبية به ، مما يؤدي لعبور الجريان من فوق الطريق فى نقاط معينة ، ومع عملية العبور تقوم المياه بعملية النحت التراجعى على الطريق Headword erosion ونحته وتآكله فى هذه النقاط. والأسلوب الأمثل لمثل هذه الحالة هو خفض الطريق فى نقاط العبور إلى منسوب أدنى من منسوب المجرى الذى يقطع الطريق. وكذلك تكسيه الأجزاء التى تمثل امتداد المجرى على جانبيه الطريق باستخدام الجلاميد النارية مع مادة لاحمة، ولمسافة عدة أمتار على الجانبين يعمل على زيادة الحماية والتأمين من عمليات النحت والتآكل حيث تسمح هذه الطريقة للمياه بالمرور دون التأثير على الطريق. ويمكن حصر القطاعات التى نتعرض لهذه العملية من الطريق فى ثلاثة مناطق هى كالتالى:

(أ) القطاع من شمال مصب وادى اسباعية وحتى ممر واطيه

(شمال مدينة سانت كاترين).

(ب) القطاع المحصور بين واجتى الطرفة وفيران.

(ج) القطاع الواقع إلى الغرب من واحة فيران وحتى مصب

وادى نسرين (يقع للغرب من رمانة).

٤- قطاعات من الطريق تحتاج إلى عمليات تكسيه من أحد الجوانب أو كلا الجانبين ، وتتركز في الجزء الواقع غربى واحة فيران وحتى مصب وادى العيسية. ويجب ان نستخدم مواد أخرى غير الحجر الجيرى فى عملية التكسيه ، نظراً لاختفاض صلابته من جهة وتعرضه لعمليات التجوية والتحلل وتأثره بفعل الذوبان من جهة أخرى، ولذلك فانه من الأفضل استخدام إحدى الأساليب التالية:

(أ) التكسيه باستخدام الكتل الأسمنتية الكبيرة الحجم (يستخدم هذا الأسلوب فى أجزاء من الطريق الذى يقطع وادى وتير بشرق سيناء).

(ب) يمكن استخدام طريقة السلك الشبك المملوء بمفتتات من الزلط ويفضل أن تكون مفتتات من أصل نارى أو متحول وهى تغطى جزوء كبيرة من سفوح ويطون الأودية فى المنطقة.

(جـ) يمكن استخدام حوائط خرسانية ذات رؤوس على شكل حرف (T) ، أو على شكل (زجاجى) ؛ مما يعمل على كسر حدة الجريان فى حالة انحرافه على جانب الطريق.

خامسا: يمكن إقامة بعض الأسوار لحماية المزارع المنتشرة على طول الوادى ويمكن استخدام طريقة السلك الشبك المملوء بالمفتتات النارية والسابق الإشارة إليها، وبارتفاع ١-١ ١/٢ متر فقط. وهى طريقة إلى جانب رخصها فانها تمثل أفضل الأساليب المتبعة حالياً فى عمليات الحماية من اخطار السيول وتستخدم على نطاق واسع فى مناطق كثيرة لها نفس الطرق مثل منطقة عسير بجنوب غرب المملكة العربية السعودية

ومنطقة الباطنة بسلطنة عمان.

سادسا: إلى جانب الأساليب والطرق السابقة فإنه ينصح بعدم إقامة أى مشروعات فى المنطقة دون دراسة تفصيلية مسبقة وكافية على شبكات التصريف وعمليات الجريان وجيومورفولوجية المنطقة. كما يجب أن يراعى الاختلاف الواضح بين طبيعة هذه البيئات وتلك الأماكن الواقعة فى بيئات مختلفة، ومن ثم فإن تطبيق أساليب ناجحة فى مناطق أخرى ليس بالضرورة أن يلقى نفس النجاح فى هذه المناطق المختلفة عنها.

فضلاً عن هذا فقد بات من الضرورى العناية بتوفير بعض البيانات الضرورية لإقامة دراسات متكاملة عن الجوانب المشار إليها مثل إقامة محطات الأرصاد الجوية ، ومحطات قياس سرعة ومنسوب الجريان على طول الأودية الكبيرة، والتي يتركز بها نشاط وتجمع بشرى ، أو التى يمكن أن تقوم بها مشروعات تنمية مستقبلية.

سابعا: من الضرورى وضع العلامات الإرشادية التى توضح عدم استخدام الطريق عند وصول مياه الجريان إلى ارتفاع أو منسوب معين وهو الحد الذى يمثل الخطورة كما يجب توفير الأماكن اللازمة للتوقف قبلها فى حالة وجود السيول حتى يمكن للسيارات الاحتماء فيها.

بيان بخرائط الموضوع:

- إخطار السيول على استخدامات الأرض في وادى فيران بجنوب سيناء.
- خريطة رقم (١) توضح الموقع والشكل العام لوادى فيران بسيناء.
- خريطة رقم (٢) شبكة التصريف فى حوض وادى فيران.
- خريطة رقم (٣) مورفولوجية الوادى الرئيسى.
- خريطة رقم (٤) انحدار قاع الوادى الرئيسى.
- خريطة رقم (٥) استخدام الأرض فى وادى فيران.
- خريطة رقم (٦) حركة واتجاه الجريان على قاع الوادى.
- خريطة رقم (٧) أشكال النحت والتدمير فى الطريق ومظاهر العمران.
- خريطة رقم (٨) درجات ومناطق الخطورة فى وادى فيران.
- خريطة رقم (٩) طرق وأساليب الحماية واستغلال الجريان.

قائمة المصادر والمراجع:

أولاً: الخرائط والصور الجوية:

- ١ - الخرائط الطبوغرافية (مقياس ٥٠ ألف - طبعت بإدارة المساحة العسكرية سنة ١٩٨٨).
- لوحات: جبل أم علوى - جبل أم شومر - جبل كترينة - جبل سربال - جبل بنات - جبل أم بجمه - أبو رديس - عكمه - بلاعيم.
- ٢ - الخرائط الجوية (موازيك) (مقياس ٥٠ ألف انتجت بإدارة المساحة العسكرية سنة ١٩٦٦ وعملت من الصور الجوية التي تم تصويرها عام ٥٥ - ١٩٥٦).
- لوحات أرقام: ٨٥ ، ٨٦ ، ٨٧ ، ٨٨ ، ٩٤ ، ٩٥ ، ٩٦ ، ٩٧ ، ٩٨.
- ٣ - لوحات فضائية (LANDSAT) لوحة جنوب سيناء، مقياس ١ : ٥٠٠٠٠ مركز الاستشعار عن بعد - أكاديمية البحث العلمي والتكنولوجيا، جمهورية مصر العربية.
- ٤ - الخريطة الجيولوجية مقياس ١ : ٥٠٠,٠٠٠ جنوب سيناء (خريطة مصر الجيولوجية).
- الهيئة المصرية العامة للبترول - كونكو كروال.
- ٥ - Geological and Petroleum, Mineral and Construction Material Potential Map of Sinai Peninsula (Based on Landsate Images, 1872-1975) by El Shazly, E.M., and others (May 1980) scale 1: 250,000.

**Remote Sensing Center, Academy of Scientific
Research and Technology, Cairo, Egypt.**

ثانيا: المراجع:

- ١- أحمد سالم صالح (١٩٨٥) حوض وادى العريش - دراسة جيومورفولوجية رسالة دكتوراه غير منشورة - جامعة القاهرة - كلية الآداب - قسم الجغرافيا.
- ٢- أحمد سالم صالح (١٩٨٩) الجريان السيلى فى الصحارى - دراسة فى جيومورفولوجية الأودية الصحراوية. معهد البحوث والدراسات العربية - سلسلة الدراسات الخاصة (رقم ٥١) القاهرة.
- ٣- أحمد سالم صالح (١٩٨٩) الأخطار الطبيعية على القطاع الشرقى من طريق نوبيع / النفق الدولى - دراسة جيومورفولوجية. المجلة الجغرافية العربية (صادرة عن الجمعية الجغرافية المصرية) العدد ٢١.
- ٤- Saleh, A.S. (1990) Geomorphological Effects of A-torrential Flood in Wadi El-Atfeehny, the Eastern Desert of Egypt.
Bull. Soc. Géoger. d'Egypte. Tome LXIII.
- ٥- محمد رمضان مصطفى (١٩٨٧) حوض وادى فيران - دراسة جيومورفولوجية. رسالة ماجستير غير منشورة - جامعة عين شمس - كلية الآداب - قسم الجغرافيا.

أودية شمال سلطنة عمان دراسة فى الجيومورفولوجيا الكمية

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

مقدمه:

لا تزال الأودية في المناطق الجافة في حاجة إلى المزيد من الدراسات والأبحاث الأساسية والتطبيقية حتى يمكن التعرف على جوانبها وخصائصها الجيومورفولوجية المختلفة، تمهيداً لاستغلالها الاستغلال الأمثل. وقد كان لنقص البيانات الخاصة بقياسات كل من المطر والجريان والرواسب، وكذلك النقص في الخرائط والصور الجوية أثره الواضح في عدم قيام مثل هذه الدراسات وتأخرها لفترة طويلة.

وفي الفترة الأخيرة توافرت بعض من هذه القياسات بالإضافة إلى توافر الخرائط والصور الجوية، بما يمكن أن يساعد في هذا المجال. ورغم قصر مدة التسجيل إلا أن ذلك يعد دافعاً وحافزاً لقيام بعض الدراسات الأساسية التي تكشف عن مكنون هذه الأودية وخصائصها المختلفة. فضلاً عن أنها تمثل حجر الزاوية لأية عملية تنمية، أو استغلال فعلية لهذه المناطق.

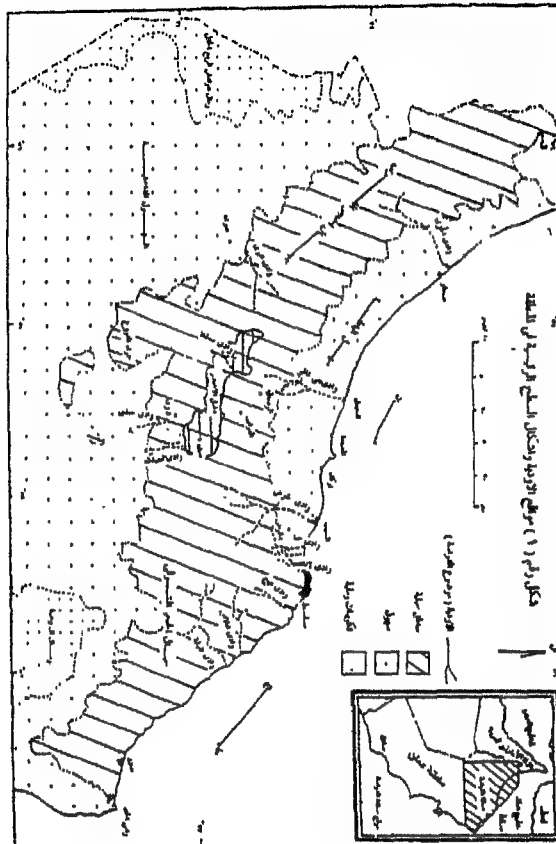
وقد كانت سلطنة عمان من الدول السباقة في مجال القياسات على مستوى المنطقة. حيث استطاعت خلال فترة وجيزة هي عمر النهضة الحديثة فيها من أن تقيم العديد من الخطط التنموية التي تقوم على أسس علمية سليمة. وكان للتنبيه إلى القصور الواضح في الإمكانات المائية أثره الفعال في محاولة استغلال كل الموارد المتاحة، وعليه فقد تم إنشاء سلسلة من محطات قياس الجريان على عدد كبير من الأودية، مما وفر بعض البيانات الضرورية لعمليات البحث ووضع الطرق المناسبة

للاستغلال. كما توافرت الخرائط والصور الجوية بمقاييسها المختلفة، فضلاً عن لوحات الاستشعار وكذلك الدراسات الأساسية التي تساعد في هذا المجال.

وتحاول هذه الدراسة تبعاً لما توافر لديها من قياسات وبيانات أن تلقى الضوء على الجوانب الكمية للأودية الصحراوية، من خلال دراسة عينة تشمل اثني عشر وادياً تقع في شمال سلطنة عمان، روعى في اختيارها بعض المعايير التي تؤهلها لأن تمثل مجتمع الأودية في المنطقة. وقد تم دراسة وتحليل كل من أحواض وشبكات التصريف لهذه الأودية، كما تم دراسة وتحليل خصائص التصريف فيها، وكذلك دراسة حجم وشكل الرواسب في المجارى الرئيسية، عند مواقع محطات قياس الجريان لهذه الأودية. وتم أيضاً قياس علاقات الارتباط والعلاقات الخطية بين ٢٠ متغيراً الخصائص المختلفة لهذه الأودية وكذلك تصميم ورسم الأشكال باستخدام الحاسب الآلى.

الأودية موضوع الدراسة:

وقع الاختيار على عدد عشر وادياً تقع جميعها في شمال سلطنة عمان وتتبع من جبال الحجر الشرقى والغربى وتصب معظمها في خليج عمان وبعضها تمثل روافد لأودية كبيرة تصرف داخلياً في اتجاه الربع الخالى وسبخة أم السميم أو تصرف إلى بحر العرب. شكل رقم (١). وهذه المجموعة من الأودية تعتبر عينة ممثلة للأودية في شمال السلطنة. ولذلك روعى في اختيارها اختلاف المواقع والمنايع والمصببات والمساحات التي تغطيها والتكوينات الجيولوجية التى تكون أحواضها والظروف المناخية حتى تكون العينة ممثلة لمجتمعها بشكل مرضى. كما



أخذ في الاعتبار توافر محطات قياس للجريان على مجاريها الرئيسية وأن يتوافر عنها قياسات للتصريف.

ويوضح الجدول التالي أسماء هذه الأودية ومنابعها ومصباتها. كما يوضح الشكل رقم (١) مواقعها.

جدول رقم (١) منابع ومصبات الأودية المختارة

م	الوادي	المنابع	المصب
١-	الجزى	من جبال الحجر الغربى	فى خليج عمان شمال مدينة صحار
٢-	بنى غافر	من جبال الحجر الغربى	فى خليج عمان بجوار مدينة السوق
٣-	الخوض	من جبال الحجر الغربى	فى خليج عمان بجوار مدينة السيب
٤-	جبا	من جبال الحجر الغربى	فى خليج عمان بمنطقة العاصمة
٥-	لاصب	من جبال الحجر الغربى	فى خليج عمان بمنطقة العاصمة
٦-	ميح	من جبال الحجر الغربى	فى خليج عمان جنوب مسقط بمنطقة الخيران
٧-	مجلس	من جبال الحجر الغربى	فى خليج عمان بجوار مدينة قريات
٨-	ضيقة	من جبال الحجر الغربى	فى خليج عمان بجوار مدينة قريات
٩-	عبرى	من جبال الحجر الغربى	يصرف داخليا فى اتجاه هوامش الربع الخالى
١٠-	مسفاة	منطقة الجبل الأخضر	يصرف داخليا فى اتجاه سبخة أم الميم
١١-	حلقين	منطقة الجبل الأخضر	أحد روافد عندام يصرف إلى بحر العرب
١٢-	معدن	منطقة الجبل الأخضر	أحد روافد عندام يصرف إلى بحر العرب

أهداف الدراسة:

تحاول هذه الدراسة التعرف على بعض الجوانب الكمية للأودية الصحراوية. وأهم الخصائص التى تميزها عن غيرها من الأودية خاصة فى المناطق الرطبة وذلك من خلال التحليل الكمي لعدد من الجوانب المورفومترية والجيومورفولوجية. وتتمثل الأهداف الرئيسية للدراسة فى عدد من الجوانب هى كالتالى:

١- تحليل أحواض وشبكات التصريف للأودية التى وقع عليها الاختيار حتى يمكن التعرف على الخصائص المورفومترية لها.

- ٢- تحديد خصائص وظروف الجريان في هذه الأودية.
- ٣- تحديد حجم وشكل الرواسب في قيعان المجارى الرئيسية للأودية.
- ٤- دراسة وتحديد نوع ومقدار العلاقات بين الجوانب المورفومترية فى أحواض وشبكات التصريف مع خصائص الجريان والرواسب.

مصادر وطريقة الدراسة:

اعتمدت الدراسة على عدد من المصادر هي كالتالى:

١- الخرائط والصور الجوية:

- أ- الخرائط الطبوغرافية مقياس ١/١٠٠,٠٠٠ واعتمد عليها فى تحديد واستخراج أحواض وشبكات التصريف. وكذلك عمل القياسات الأساسية والمطلوبة للدراسة لأحواض الأودية الاثنى عشر.
- ب- الصور الجوية وبعض لوحات الموزيك moasic مقياس ١/٥٠,٠٠٠، بالإضافة إلى عدد من المرئيات الفضائية satellite Images من نوع TM مقياس ١/٢٠٠,٠٠٠ ومنها أمكن التعرف على الخصائص العامة لشبكات التصريف والأحواض ومناطق المنابع والمصببات وكذلك الأودية الرئيسية فيها.

- ج- الخرائط الجيولوجية مقياس ١/٢٥٠,٠٠٠ التى تغطى المنطقة. ومنها أمكن تحديد أنواع التكوينات الجيولوجية التى تغطى أحواض التصريف. ورسم خريطة جيولوجية للمنطقة.

٢- التقارير والكتابات السابقة:

وخاصة التقارير التى تحتوى على تسجيلات الجريان لعدد من الأودية تبعاً لمحطات القياس التى أقيمت عليها. أو تلك التى تناولت جوانب أخرى تهتم الدراسة. وهذه التقارير موضحة فى قائمة المراجع.

٣- الدراسة الميدانية:

وفيها تم زيارة جميع المجارى الرئيسية للأودية المختارة كما تطرقت الزيارة لبعض الأجزاء العليا لعدد من الأودية مثل الخوض ومسفاه وضيقه ومعين، وتم ذلك على مرات متقطعة خلال الفترة بين فبراير ١٩٩٣ - ديسمبر ١٩٩٤. وكان ذلك بغرض:

أ - التعرف على الخصائص الجيومورفولوجية لقطاعات الأودية الرئيسية من حيث شكلها ومكوناتها وأنواع وطبيعة الرواسب فيها. بالإضافة إلى تسجيل الملاحظات عن خصائص شبكات التصريف وأشكال السطح الهامة فيها.

ب- جمع وتحليل عدد ٢٤ عينة رواسب من قيعان المجارى، بمعدل ٢ عينة لكل مجرى عند محطات قياس الجريان، تقع إحداها قبل المقياس والثانية بعده بمسافة لا تزيد عن مائة متر.

٤- التحليل الإحصائي

استخدم الحاسب الآلى برنامج SPSS for windows release

6.0 لعمل عدد من التحليلات الإحصائية مثل مقاييس النزعة المركزية ومقاييس التشتت والانحراف، وتحديد العلاقات بين المتغيرات المختلفة (علاقات الارتباط) لكل من أحواض وشبكات التصريف وخصائص التصريف والرواسب وتم من خلال مصفوفة matrix ضمت ٢٠ متغيراً، كما تم عمل العلاقات الخطية للعلاقات القوية بين المتغيرات المختلفة، وكذلك عمل الرسومات الخاصة بها بالإضافة إلى رسم الأشكال الأخرى.

موضوعات الدراسة:

تشتمل الدراسة على عدد من الموضوعات الأساسية هي كالتالى:

أولاً: الجوانب الطبيعية: وتتناول كل من التكوينات الجيولوجية وأشكال السطح الرئيسية والظروف المناخية في شمال سلطنة عمان حيث تقع مجموعة الأودية موضوع الدراسة.

ثانياً: الخصائص المورفومترية لأحواض وشبكات التصريف والعلاقات بينها: وفي هذا الموضوع يتم عرض وتحليل الخصائص المورفومترية لأحواض وشبكات التصريف والقياسات والتحليلات التي أجريت على عدد من المتغيرات الأساسية فيهما. وكذلك العلاقات الارتباطية والخطية بين هذه المتغيرات.

ثالثاً: خصائص التصريف: وفيه يتم تناول عدد من الجوانب التي تبين الخصائص المختلفة للتصريف مثل التردد والحجم والسرعة والأبعاد المختلفة والفصلية والمنحنى البياني. كما يناقش العلاقات بين هذه المتغيرات مع الخصائص المختلفة لكل من أحواض وشبكات التصريف.

رابعاً: خصائص الرواسب: ويعرض لحجم الرواسب وشكلها وبعض الجوانب الأخرى. كما يتناول العلاقات بين حجم الرواسب والمتغيرات المختلفة لكل من أحواض وشبكات التصريف وكذلك خصائص التصريف. خاتمة: وفيها تلخيص لأهم النتائج التي توصلت إليها الدراسة.

أولاً: الجوانب الطبيعية

١ - الشكل العام للمنطقة والوحدات التضاريسية الرئيسية:

يتكون شمال سلطنة عمان من سلسلة جبلية تمتد على شكل قوس واسع يسير موازياً لساحل خليج عمان. وتبدأ هذه السلسلة من رأس مسندم في الشمال وحتى رأس الحد في الجنوب الشرقي بطول يصل إلى حوالي ٨٠٠ كم وتنقسم السلسلة إلى قسمين رئيسيين يفصلهما وادي

سمائل (الخوض) الذى يصب بجوار مدينة السيب للشمال الغربى من العاصمة مسقط بحوالى ٥٤ كم. ويطلق على القسم الواقع إلى الشرق من الوادى اسم جبال الحجر الشرقى، والقسم الواقع إلى الغرب منه جبال الحجر الغربى شكل رقم (١).

وتطل جبال الحجر الشرقى على خليج عمان مباشرة، حيث لا تكاد تترك أية سهول ساحلية، فقط بعض دالات الأودية الكبيرة، والتي تتميز أى منها بأنها تكونت نتيجة اشتراك أكثر من وادى واحد. ومن أمثلتها دلتا قريات ودلتا ضباب ودلتا صور، بالإضافة إلى بعض الجيوب الرملية الصغيرة التى تكونت على الشاطئ. وفيما عدا ذلك فإن خط الساحل يرتفع ليكون جرفاً بحرياً يختلف مناسيبه على طول المنطقة. وتبدأ بعد هذا الجرف سلسلة من الشواطئ البحرية القديمة المتتالعة والتي شكلتها عمليات النحت البحرى القديمة على مناسيب مختلفة حيث يمكن رؤية أربع منها بوضوح موازية لخط الساحل الحالى فيما يشبه درجات السلم التى ترتفع فوق بعضها لتكون جزء واسع من سفوح الجبال المطلة على الخليج فى المنطقة بين مسقط ورأس الحد.

وبعد هذه السلسلة من الشواطئ تبدأ سفوح الجبال فى الانحدار بشدة وترتفع إلى أعلى لتكون مجموعة من القمم المدببة والتي يوحى شكلها بمدى ما تعرضت له المنطقة من عوامل تكتونية أدت إلى رفعها وطبها وتصدعها، وكذلك عمليات التعرية التى شكلتها ويظهر ذلك فى الكثير من الأودية العميقة ذات الجوانب الشديدة الانحدار التى قطعت السلسلة ومزقتها بقوة كما تظهر فى بعض الأحواض الجبلية محصورة بين المرتفعات خاصة فى الجزء الشمالى الغربى من المنطقة فى الأجزاء التى يزيد فيها تأثير الصدوع واختلاف التكوينات الجيولوجية.

وعلى الجانب الآخر تنتهى السلسلة بسفوح شديدة الانحدار تقطعها الكثير من الأودية العميقة أيضا وتطل على سهل واسع يتكون من مجموعة من المراوح الفيضية التى كونتها هذه الأودية والتى تمثل فى مجموعها روافد لأحد الأودية الكبيرة، وهو وادى البطحاء الذى يجرى فى اتجاه عام من الشمال إلى الجنوب ليصب فى بحر العرب، ويفصل مجراه هذا السهل عن مسطح رملى كبير هو رمال ال وهيبة.

وفى المقابل تختلف جبال الحجر الغربى فى أنها أكثر ارتفاعاً وأشد انحداراً، إلى جانب أنها تترك سهلاً فسيحاً نسبياً بينها وبين البحر وهو سهل الباطنة الذى يعد أهم مناطق السلطنة من ناحية التركيز السكانى والاستغلال البشرى.

ويتشكل السهل أساساً من مجموعة من المراوح الفيضية المتشابكة والمتداخلة جانبياً، والتى كونتها الأودية التى تنبع من السلسلة الجبلية وتصب فى خليج عمان. ويمتد السهل من رأس الحمراء فى الجنوب فى منطقة العاصمة مسقط حتى شمال خطمة ملاح، بطول يصل إلى حوالى ٢٣٠ كم على شكل قوس واسع. ويصل متوسط عرضه بين ساحل الخليج حتى بداية السلسلة الجبلية إلى حوالى ٢٥ كم ويزيد العوض فى الوسط ويقل ناحية الأطراف شكل رقم (١). ويتراوح ارتفاع السهل بين الصفر عند سطح مياه الخليج إلى حوالى ٢٠٠ م عند أقدم الجبال. ويتكون سطحه من رواسب مختلفة فى الحجم والشكل والنوع ويستدق الحجم مع الاتجاه ناحية البحر. وتتعدد ملامحه بين ظاهرات كبيرة تغطى مساحات واسعة وظاهرات صغيرة محدودة الامتداد. ومن أهم الظاهرات الكبيرة المراوح الفيضية والتى تختلف بين القديمة والحديثة من حيث رواسبها وتكوينها، ومجارى الأودية الضحلة الواسعة المتشعبة التى

تنتهى بأخوار مغلقة عند البحر تم غلقها بحواجز رملية كونتها الأمواج، ثم الفرشات والكتبان الرملية التى تغطى بعض أجزاء السهل وبأشكال خبرات أو الذى يتكون من شاطئ رملى فى أغلب أجزائه ويظهر على شكل مجموعة من الأقواس المقعرة فى اتجاه البحر على حساب اليابس وتفصل بينها بعض الرؤوس المتقدمة، هذا إلى جانب بعض التلال الصغيرة التى قد ترصع وجه السهل خاصة مع الاقتراب من السلسلة الجبلية والتى تمثل بقايا عمليات نحات قديمة.

أما السلسلة ذاتها فمن الواضح أنها قد تعرضت للمزيد من الحركة وقوة الدفع بفعل العمليات التكتونية، وقد ساعد ذلك على المزيد من الطي والتصدع التى انعكست على كل من الارتفاع والانحدار وزيادة فعل عمليات التعرية وبالتالي شدة التقطع والتمزق وكثرة القمم الحادة والحافات القوية والتى تفصلها الأودية الضيقة العميقة ذات الجوانب الشديدة الانحدار والقيعان الضيقة التى تغطيها رواسب المواد الخشنة، والقطاعات الطولية القوية الانحدار. ويكفى القول أن هذه السلسلة تضم بين جنباتها أكثر القمم ارتفاعا فى السلطنة وعلى رأسها الجبل الأخضر الذى يزيد ارتفاعه عن ٢٥٠٠ م كما يوجد العديد من القمم الجبلية الأخرى التى تأخذ مسميات محلية، منها جبل نخل وما حل والعوابى والرساق والكور والحمة وأسود وحلاحل وحلينة والخشدة فى ترتيب عام الشرق إلى الغرب.

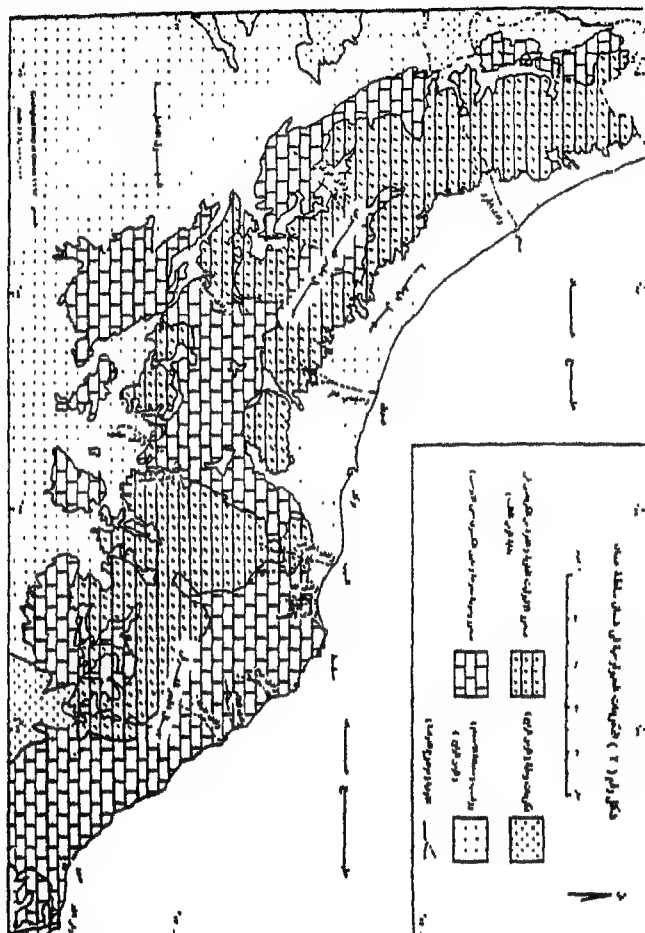
ويطل الجانب الآخر للسلسلة الجبلية على سهل واسع فسيح تغطيه أقل خشونة من تلك الخاصة بسهل الباطنة سرعان ما تتحول إلى غطاءات رملية مع الاتجاه للغرب وتنتهى بمجموعات من الكتبان الرملية التى تمثل الأطراف الشرقية لرمال الربع الخالى، كما قد تنتهى أحيانا

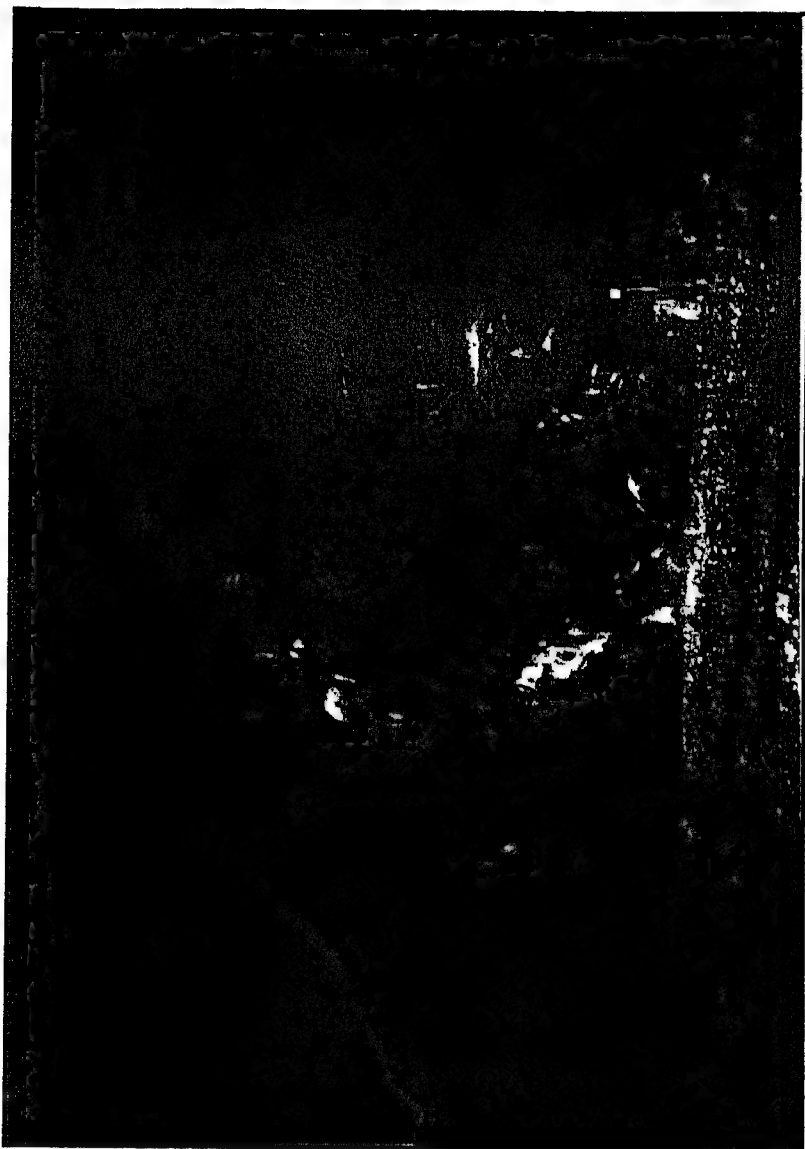
بمناطق منخفضة تتجمع فيها مياه السيول لتشكل سبخات واسعة ومن أهمها سبخة أم السميم الشهيرة. ويمثل هذا السهل في أغلبه العديد من المراوح الفيضية المتجاورة في شكل بهاداً واسعة، ويخطط وجه السهل العديد من مجارى الأودية الضحلة المتشابكة والتي قد تصرف داخلياً أو تصب في بعض الأودية الكبيرة التي استطاعت الوصول إلى بحر العرب.

٢ - التكوينات الجيولوجية:

تعتبر جبال شمال عمان من الناحية الجيولوجية جزءاً من شبه الجزيرة العربية، وهي تمثل في ذات الوقت جزءاً من سلسلة طيات جبال الألب - الهمالايا العملاقة التي ترجع في تكوينها إلى الحركة الألبية. وقد تشكلت جبال عمان خلال حركتين تكتونيتين Two major orogenic events في نهاية العصر الكريتاسي Late Cretaceous وأواسط الثلاثي Mid-Tertiary. الأولى نتج عنها إزاحة لصخور قاع المحيط والهامش القارى من الشمال الشرقي إلى الجنوب الغربي ناحية أطراف شبه الجزيرة. والثانية تقوست وطويت فيها السلسلة الجبلية لأعلى. وتتشكل السلسلة الجبلية أساساً من صخور سمائل المغتربة Samail Nappe. وهي عبارة عن غطاءات ضخمة على شكل كتل كبيرة من صخور الأفيوليت النارية التي زحفت فوق وحدات صخرية رسوبية بحرية مجلوبة النشأة كذلك Allochthonous وتحتل بقايا الهامش القارى لبحر تيثس Tethys، وهي ترقد بدورها فوق صخور القاعدة الأركية للدرع العربى. كما تنكشف بعض الصخور الرسوبية التي يتراوح عمرها بين نهاية الكمبرى وحتى الكريتاسي فى وسط محور السلسلة الجبلية وهي صخور قارية إلى بحرية غير عميقة من حيث

النشأة (Lippard, S.J., et al. 1986 PP 1-5) شكل رقم (٢).
وتغطي صخور الأفيوليت حوالى ٢٠ ألف كم^٢ من السلسلة
الجبلية. وكنتيجة لتعرض المنطقة لعمليات الإزاحة والطى والتصدع فقد
تكسرت هذه الصخور إلى مجموعة من الكتل الضخمة يصل عددها إلى
حوالى ١٢ كتلة تفصلها عن بعضها تكوينات الصخور الرسوبية وتشكل
العصب الرئيسى للسلسلة. وتتكون من مجموعتين أساسيتين: الأولى
تعرف باسم مجموعة الرداء The Mantle Sequence. وتمثل ما بين
٦٠% - ٧٠% من صخور الأفيوليت فى المنطقة وتتكون من صخور
البريدوتين Predotite والهارزبورجيت Harzburgite، كما توجد
تداخلات من صخور الديونيت Dunite وتقطعها عروق Veins وسدود
نارية Dykes مافية الأصل وفوق المافية Ultra-mafic. والمجموعة





وادی بنی غافر بجبال الحجر الغربی - سلطنة عمان

الثانية هى مجموعة القشرة Crustal Sequence وتشكل النسبة الباقية من صخور الأفيوليت وتتكون من الجابرو والبريدوتيت مع مواد بركانية أخرى.

وتتكون بقية السلسلة الجبلية من الصخور الرسوبية (شكل رقم ٢)، التى تختلف فى العمر والنشأة، إلا أن معظمها يقع ضمن صخور الحجر الجيري والدول وميت مع بعض أنواع الصخور الطينية وخاصة المارلية وكذلك الرملية وصخر المجمععات Conglomerate والبريشيا Berccia.

وتتكون السهول المجاورة للسلسلة من رواسب مختلفة أيضاً فى أحجامها كما تختلف أشكال السطح فيها وتتدرج هذه المواد فى الحجم وتستدق مع البعد عن السلسلة الجبلية سواء فى سهل الباطنة أو منطقة الظاهرة. وتبدأ عادة بالمواد الخشنة التى تتكون من الجلاميد والزلط ثم الحصى وتنتهى بالرمال والمواد الدقيقة، وقد تكون متماسكة على شكل صخر المجمععات أو مفككة سائبة، وفى حالة تماسكها غالباً ما تكون المادة اللاصقة كلسية، وفى سهل الباطنة يختلف سمك هذه الرواسب حيث يصل إلى ما يزيد عن ٦٥ م عند أقدام السلسلة الجبلية، ويزيد باتجاه خليج عمان فيصل إلى أقصى سمك له فى منطقة بركاء والسيب.

٣- الأحوال المناخية:

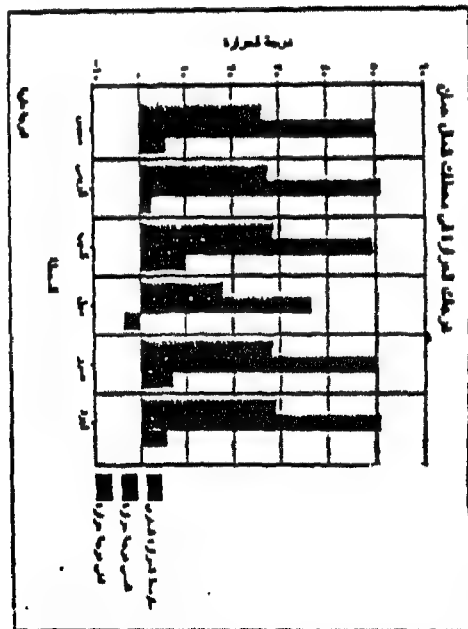
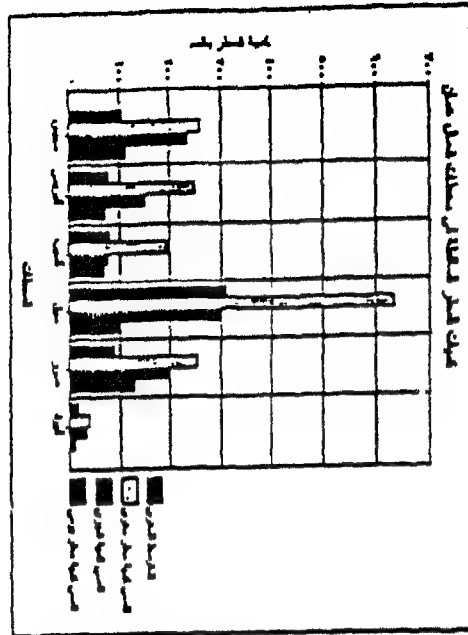
تقع المنطقة التى تجرى بها مجموعة الأودية موضوع الدراسة ضمن النطاق الصحراوى الحار القاحل فى معظمها عدا منطقة الجبل الأخضر الذى يتمتع بظروف مختلفة نتيجة عامل الارتفاع. وتبعاً لموقع المنطقة يمكن وصف المنطقة بأنها شديدة التطرف مناخياً حيث الحرارة

الشديدة والمطر الشحيح أو النادر في كثير من الأحيان، وارتفاع معدلات التبخر بدرجة كبيرة. وتهب على المنطقة الرياح التجارية معظم أيام السنة، فيما عدا بعض أيام الخريف حيث تصل بقايا بعض الرياح الموسمية التي تهب على جنوب البلاد، ويعد الجبل الأخضر أكثر الأجزاء تأثراً بها في شكل بعض رخات المطر.

والجدول التالي يوضح متوسطات الحرارة وكميات المطر تبعاً لتسجيلات مجموعة محطات الأرصاد الجوية التي تقع داخل المنطقة أو حولها. كما يوضح الشكل رقم (٣) كلا العنصرين.

جدول رقم (٢) الحرارة والمطر في بعض محطات شمال سلطنة عمان (المصدر: الملخص المناخي السنوي سنة ١٩٩١ ص ٧١-٧٦).

المحطة	الحرارة (درجة مئوية)			المطر (مم)	
	المتوسط السنوي	الدرجة القصوى المطلقة	الدرجة الدنيا المطلقة	المدة من	المتوسط السنوي
البريمي	٢٧,٦	٥٠,٨ في ٩٠/٧/٦	٢,٦ في ٧٧/١٢/٢٠	٩١-٧٧	٢٤٩ في ١٥٠,٣ في ٨٢/٢/١٤
مجبس	٢٦,٤	٥٠,٠ في ٨٧/٧/١٠	٥,٧ في ٨٣/١/٢٢	٩١-٨٠	٢٦٠,٥ في ٢٣٥,٣ في ٨٨/٢/١٧
سق	١٧,٩	٣٦,٣ في ٩١/٦/١٧	٣,٦ في ٨٣/١/٢٦	٩١-٧٩	٦٣٣,٤ في ٣٠٠ في ٨٢/٢/١٤
السيب	٢٨,٦	٤٩,٢ في ٩٠/٧/١	١٠ في ٩١/٢/١٧	٩١-٧٤	١٩٤,٣ في ٧٥,٧ في ٨١/٥/٣
لهود	٢٨,٩	٥٠,٩ في ٩٠/٦/٦	٥,٠٦ في ٨٧/١/٢٣	٩١-٨٥	٤٠ في ٣٣,٨ في ٩٠/٢/٢١
صور	٢٨,٣	٤٩,٨ في ٧٩/٦/١١	٧ في ٧٨/١/٢	٩١-٧٧	٢٥٤,٦ في ١٩٧,١ في ٨٣/٢/١١



شكل رقم (٣) الحرارة والأمطار في شمال منطقة عمان

ومن الجدول السابق يتضح ما يلي:

- ١- أن المتوسط السنوى للحرارة فى المنطقة يتراوح بين ٢٦,٤ - ٢٨,٩ درجة مئوية، فيما عدا منطقة الجبل الأخضر حيث يزيد ارتفاع المنطقة عن ٢٥٠٠ متر فوق سطح البحر، مما أدى إلى انخفاض المتوسط السنوى فى محطة السيق بدرجة كبيرة كما هو واضح من الجدول.
- ٢- ترتفع درجة الحرارة العظمى خلال شهور الصيف ارتفاعاً واضحاً حيث تزيد عن ٤٠ درجة فى معظم أيام الفصل. وقد تصل إلى حوالى ٥٠ درجة فى بعض الأيام خاصة فى شهرى يونيو ويوليو. هذا عدا محطة السيق التى تنخفض بها القيم عن ذلك كثيراً.
- ٣- فى المقابل تنخفض درجات الحرارة الدنيا إلى أقل من عشر درجات وقد تصل إلى ما دون الصفر فى الأماكن المرتفعة كما هو فى محطة السيق.
- ٤- يقل المتوسط السنوى للمطر عن خمس بوصات عدا منطقة الجبل الأخضر التى يزيد فيها المتوسط عن ١٢ بوصة، ويصل إلى أدنى حد له فى محطة فهود نظراً لانخفاض المنطقة ووقوعها فى الداخل بعيداً عن أى مؤثرات بحرية؛ وبالتالي يصل المتوسط إلى أقل من بوصة واحدة.
- ٥- تتوزع الأمطار على أغلب شهور السنة، إلا أن شهور فبراير ومارس وإبريل ومايو تعتبر الفترة الأساسية التى يسقط بها معظم المطر. كما يعتبر شهر فبراير أكثر شهور السنة تكراراً لمرات سقوط المطر، وقد سجلت فيه كذلك أعلى قيم بالنسبة لأقصى كمية سقطت خلال شهر واحد وأيضاً خلال يوم واحد.
- ٦- تعتبر الصفة الأساسية لسقوط المطر هى عدم الانتظام سواء

مكانياً أو زمانياً. كما يتميز بارتفاع كثافته في حالة سقوطه.

ومن ناحية أخرى يمكن القول أن الأمطار الساقطة على المنطقة ترجع بصفة أساسية إلى مرور بعض المنخفضات الجوية المصحوبة بكتل هوائية باردة خلال فترة الشتاء أي أنها أمطار جبهية أساساً وعليه فغالباً ما تغطي الأمطار مساحة واسعة من المنطقة. أما خلال الفترات الانتقالية بين فصول السنة فالأمطار غالباً تصاعدية وتغطي بقع صغيرة (المخصص المناخي السنوي ١٩٩١. ص ١٠-١١).

ثانياً: الخصائص المورفومترية لأحواض وشبكات التصريف:

١- الخصائص المورفومترية لأحواض التصريف:

الجدول التالي يوضح نتائج القياسات التي تمت على الخرائط بغرض تحديد الأحواض واستخراج شبكات التصريف وكذلك قياس العناصر المورفومترية في الاثنى عشر وادياً. كما يوضح الشكل رقم (٤) أحواض الأودية وشبكات التصريف فيها .

جدول رقم (٣) الخصائص المورفومترية لأحواض التصريف

الوادي	المساحة كيلو متر مربع	طول المحيط ك . م	أقصى طول للحوض ك . م	أقصى عرض للحوض ك . م	معدل الاستدارة	معدل الاستقامة
بنى خاقر	١٧٨٩,٠٠	٣٤٠	٧١,٥٠	١٦,٢٠	٠,١٩	٠,٦٧
الخوض	١٦٧٤,٠٠	٤٠٠	٦٦,٠٠	٣١,٥٠	٠,١٣	٠,٧٠
جبا	٢٢٩,٠٠	١٠٥	٢٥,٥٠	٩,٠٠	٠,٢٦	٠,٤٤
لاصيب	١٥٧,٠٠	٦٧	٣٢,٠٠	٦,٧٠	٠,٤٤	٠,٦٨
الجزى	٨١٢,٠٠	١٩٣	٦٧,٠٠	١٩,٠٠	٠,٢٧	٠,٤٨
عبرى	٧٠٨,٠٠	١٨٥	٣٦,٠٠	١٦,٦٠	٠,٢٦	٠,٨٣
ميج	٧٣٩,٠٠	١٨٠	٤٦,٠٠	١٤,٠٠	٠,٢٩	٠,٦٧
مجلس	٦٥٤,٠٠	١٥٣	٤٩,٥٠	١٣,٥٠	٠,٣٥	٠,٥٨

٠.٦٧	٠.١٨	٢.٥٠	٧٢.٠٠	٣٦٣	١٨٥٠.٠٠	ضيقة
٠.٥٥	٠.٤٠	١٤.٥٠	٧٠.٠٠	١٩٠	١١٦٤.٥٠	حلقين
٠.٣٦	٠.٠٩	٥.٥٠	٦٠.٠٠	٢٢٢	٣٦٦.٠٠	معدلات
٠.٨٣	٠.٤٤	٥.٥٠	١٢.٠٠	٤٧.٥٠	٧٨.٣٠	مسافة

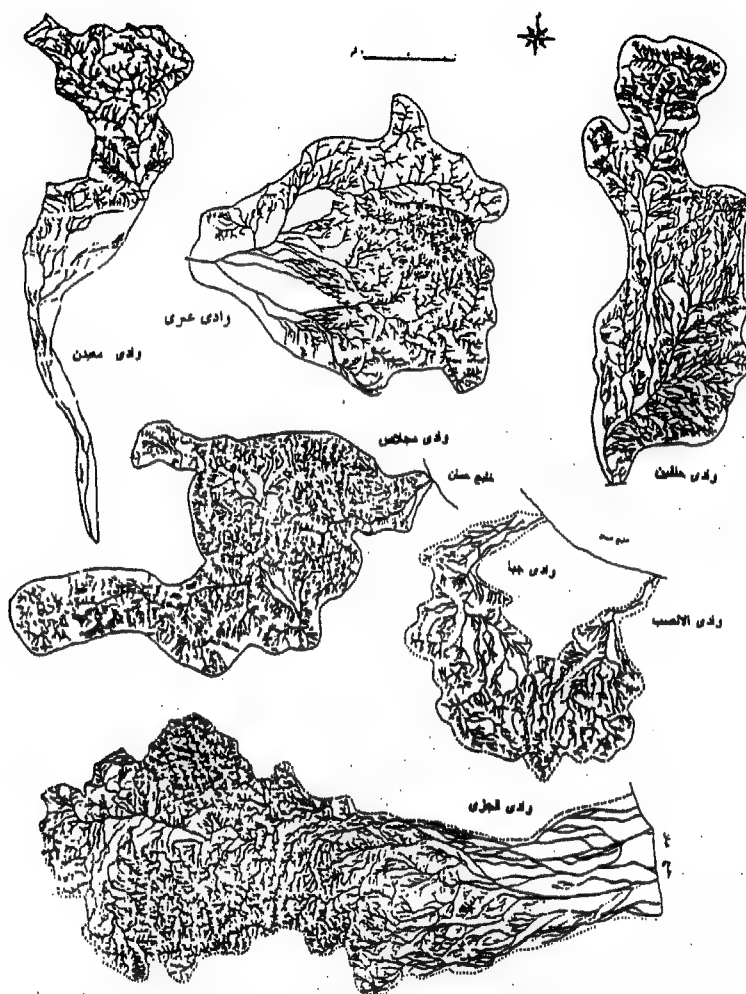
ومن الجدول السابق يمكن استخلاص ما يلي:

١- يمكن تقسيم أحواض الأودية تبعاً لمساحات أحواضها إلى ثلاثة مجموعات هي:

أ - مجموعة الأودية الكبيرة وهي أودية ضيقة وبنى غافر والخوض وحلفين وتزيد فيها مساحات الأحواض عن ألف كيلو متر مربع، وتبعاً لكبر مساحات أحواضها فهي غالباً ما تضم أعلى الأرقام لكل من الطول والعرض والمحيط.

ب- مجموعة الأودية المتوسطة المساحة وتضم أودية الجزى وميح وعبرى ومجلاص، وتتراوح مساحاتها بين ٥٠٠ - أقل من ألف كيلو متر مربع. وهي تتصف كذلك بأنها ذات طول وعرض وطول وعرض وطول محيط متوسط.

ج- مجموعة الأودية الصغيرة وهي أودية معيدن وجبا



شكل رقم (٤) : احواض وشبكات التصريف في اودية حلفين وهري ومعبدن وجبا والاصصيا والجري .



شابع شكل رقم (٥) (احواض وشبكات التصريف لى اودية الخوض ومبيح وبنى خافر ومسطة وطبقة .

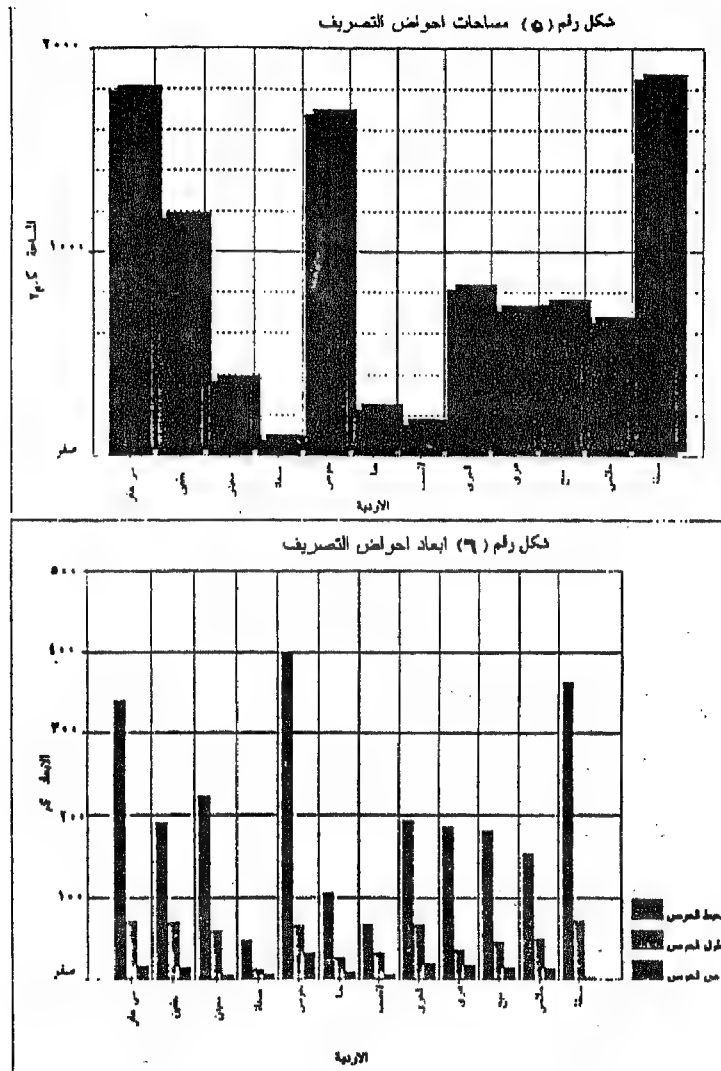
ولانصب ومسافة. وتقل مساحات أحواضها عن ٥٠٠ كيلو متر. كما أنها ذات طول وعرض وطول محيط صغير يتسق مع ما تغطيه من مساحات بالمقارنة مع المجموعتين السابقتين. ويوضح شكل رقم (٥) مساحات أحواض تصريف الأودية. كما يبين شكل رقم (٦) الأبعاد المختلفة (المحيط - طول - عرض) لمجموعة الأحواض.

٢- تختلف معدلات الاستدارة^(١) circularity والاستطالة^(٢) elongation بين أحواض التصريف بشكل واضح مما يبين أن لكل حوض شكله وخصائصه المختلفة والتي تميزه عن غيره من الأحواض.

ويتراوح معدل الاستدارة في الأحواض بين ٠,٠٩ - ٠,٤٤ بمتوسط عام ٠,٢٨ وفي المقابل يتراوح معدل الاستطالة بين ٠,٣٦ - ٠,٨٣ بمتوسط حوالى ٠,٦٨ وتعكس هذه الأرقام بصفة عامة جنوح الأحواض ناحية الاستدارة أكثر من الاستطالة. وتبعاً للمعدلات الواردة في الجدول يمكن تقسيم أحواض الأودية من حيث هذين المعدلين إلى: أودية ترتفع بها معدلات الاستدارة وتنخفض في المقابل معدلات الاستطالة وهى أودية مسافة ولانصب وميح وهى من الأودية الصغيرة والمتوسطة المساحة. ثم بقية الأودية - عدا واد واحد - وتتميز أحواضها بأنها تضم كلا الصفتين فى آن واحد حيث تظهر أحواضها أميل إلى الاستدارة فى مناطق منابعها على حين تميل إلى الاستطالة فى أجزائها الدنيا. أما

(١) الاستطالة: قطر الدائرة المساوية لمساحة حوض التصريف (كم) مقسوماً على أقصى طول للحوض (كم).

(٢) الاستدارة: مساحة الحوض (كم^٢) مقسومة على مساحة الدائرة التى لها نفس محيط الحوض (كم^٢).



بالنسبة لوادى حلفين فهو أميل الاستطالة ربما تحت ظروف تصدع حددت حوضه بهذا الشكل.

٣- يتراوح انحدار سطوح الأحواض^(١) بين ٠,٦ من الدرجة فقط إلى سبع درجات وبمتوسط عام حوالى ٢,٢ درجة. وتتقارب انحدارات سطوح الأحواض بشكل واضح فيما عدا وادى مسفاة الذى يرتفع انحدار سطحه إلى رقم كبيرة نظراً لوقوعه فى منطقة شديدة الانحدار تمثل أحد جوانب الجبل الأخضر. أما بقية الأودية فينخفض فيها الانحدار عن نصف هذا الرقم وبشكل عام يمكن ملاحظة أن انحدار سطوح الأحواض يزيد فى الأحواض الصغيرة المساحة بالمقارنة بالأودية الكبيرة.

٢- العلاقات بين الخصائص المورفومترية لأحواض التصريف: من خلال قياس العلاقات بين الخصائص عن طريق علاقات الارتباط فى المصفوفة السابق الإشارة إليها فى طريقة الدراسة، وكذلك العلاقات الخطية يمكن القول أن هناك مجموعة من العلاقات بينها التى يمكن الاستناد عليها فى تحديد تأثير هذه المتغيرات على بعضها وطبيعة ومقدار العلاقة بينها. والجدول التالى يبين العلاقات القوية فقط بين المتغيرات المختلفة والتى تم الاعتماد عليها فى الدراسة، على حين حذفت العلاقات الضعيفة التى لا يمكن الاعتماد عليها وبالتالى لا حاجة لسردها.

(١) تم قياس الانحدار بين أعلى نقطة فى المنابع والمصب على طول خط مستقيم، وطبقت معادلة الانحدار.

جدول رقم (٤) مصفوفة العلاقات بين المتغيرات المختلفة لخصائص أحواض وشبكات

التصريف وخصائص التصريف والرواسب.

الحداد سطح حوض (درجة)	متوسط طول مجارى (كم)	متوسط طول مجارى (كم)	معدل تفرع	معدل إعداد مجارى	استطالة	استدارة	عرض الحوض (كم)	طول مجارى (كم)	طول المحيط (كم)	مساحة الحوض (كم ^٢)	المتغيرات
		٠.٨٩١	٠.٧٤٦	٠.٨٧٣				٠.٨١٤	٠.٩٢٦	-	مساحة الحوض كم ^٢
		٠.٨٩٢		٠.٨٣٣		٠.٧٧٣		٠.٨١٢	-		طول المحيط كم
٠.٧٦٢		٠.٧٣٦	٠.٧٧٠	٠.٧٣١				-			طول مجارى كم
		٠.٦٨٠					-				عرض شعورية
						-					استدارة
					-						استطالة
		٠.٩١٤	٠.٦١٨	-							معدل إعداد مجارى
			-								معدل تفرع
		-									معدل طول مجارى كم
	-										متوسط طول مجارى كم
											كثافة مجارى كم
-											الحداد سطح حوض درجة
											م. عرض الجريان
											معدل الكثافة
											كمية التصريف
											م. لتصريف السوى
											م. أقصى تصريف
											م. أدنى تصريف
											م. سرعة الجريان
											م. حجم الرواسب

باقى المصفوفة (تستكمل بالعرض)

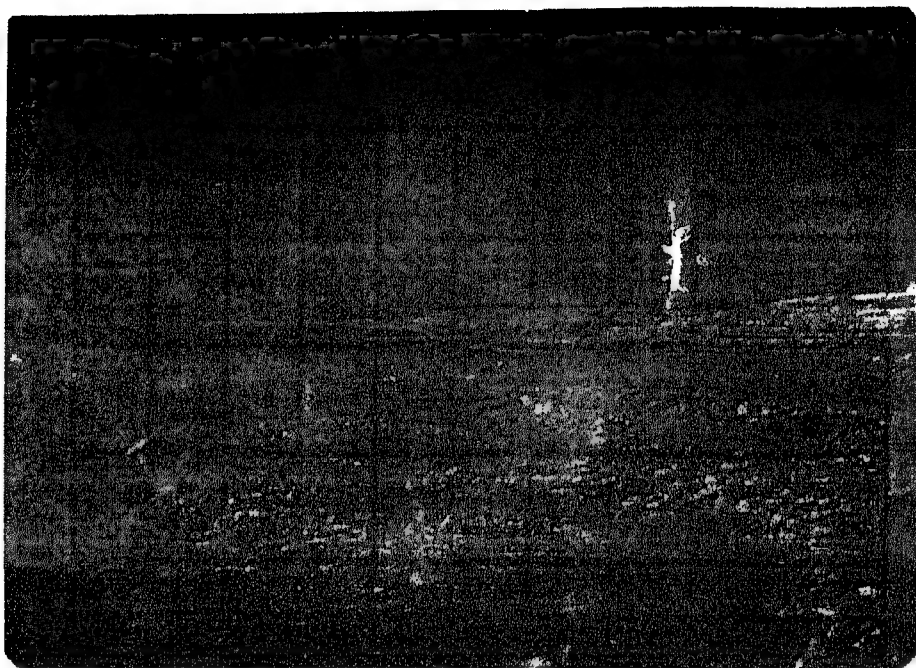
م. عرض	معدل الخشونة	كمية التصريف	م. أقصى	م. أدنى	م. سرعة	م. متوسط
--------	--------------	--------------	---------	---------	---------	----------

مساحة الحوض كم ^٢	الجريان ن	ن	ف	ف	تصريف ف	تصريف ف	الجريان ن	حجم الرواسب ب
٠,٢٢ ١								
طول المحيط كم ٠,٦٢ ٦								
طول مجارى كم								
عرض الحوض كم								
استدارة								
استطالة								
مجموع أعداد مجارى			٠,٧٦ ٨				٠,٦٥ ٣	٠,٦٦ ١
معدل تفرع			٠,٧٠ ٥					
مجموع طول مجارى كم								
متوسط طول مجارى كم								
كثافة مجارى كم		٠,٨١٦						
اتحدار سطح حوض درجة			٠,٨٠ ٢	٠,٨٤ ٤	٠,٧٦ ٥	٠,٦٣ ٩	٠,٦٥ ٢	٠,٧١ ٣
م. عرض الجريان						٠,٦٢ ٦		
معدل الخشونة				٠,٧٤	٠,٦٣	٠,٦٣	٠,٨٢	٠,٦٤

٦	٨	٩	٩	٦				
٠,٦٢	٠,٧٨	٠,٩٦						كمية التصريف
٥	٣	٨						
	٠,٦٣							م. لتصريف
	٢							السوى
								م. أقصى تصريف
٠,٧٣								م. أدنى تصريف
٩								
								م. سرعة الجريان
								م. حجم الريا

وتوضح نتائج العلاقات بين الخصائص المورفومترية لأحواض التصريف الواردة في المصفوفة (جدول رقم ٤)، وكذلك العلاقات الخطية والتي اعتمد على الحاسب الآلى فى عمليتى الحساب وإقامة العلاقات وأيضاً رسم الأشكال، ومع ملاحظة أن العلاقات الخطية قد أقيمت للمتغيرات التى زادت فيها علاقات الارتباط عن ٠,٦، والتى يرتفع مستوى الثقة فيها إلى ٠,٥ فقط، وبصفة عامة يمكن تلخيص نتائج هذه العلاقات فيما يلى:

- ١- توجد علاقة موجبة بين مساحات أحواض التصريف مع كل من طول الأحواض وطول محيطاتها. حيث يزيد كلا المتغيرين فى الأحواض الكبيرة المساحة وينخفضا فى الأحواض الصغيرة. وهذا واضح أيضاً من شكل العلاقة الخطية (شكل رقم ٧).
- ٢- توجد علاقة موجبة بين طول محيطات أحواض التصريف مع طول الأحواض. أى أن الأحواض ذات المحيطات الكبيرة تكون أطولها كبيرة



تدمير احد الجسور وجزء من الطريق نتيجة للسيول

١٨٥

١٨٥

كذلك والعكس صحيح. والشكل رقم (٧) يوضح أيضا العلاقة الخطية بين كلا المتغيرين.

ومن جهة أخرى فإن العلاقة قوية وعكسية بين طول محيط الأحواض مع معدل استدارتها. مما يعنى أن الأحواض ذات المحيطات الكبيرة ينخفض معدل استدارتها على حين يرتفع المعدل فى الأحواض ذات المحيطات الصغيرة.

٣- هناك علاقة عكسية بين طول أحواض التصريف ومتوسط انحدار سطوحها بمعنى أنه كلما قل طول حوض التصريف ارتفع انحدار سطحه وفى المقابل يقل الانحدار فى حالة الأحواض ذات الأطوال الكبيرة والشكل رقم (٧) يوضح العلاقة الخطية بين كلا المتغيرين.

٣- خصائص شبكات التصريف:

يلخص الجدول التالى خصائص شبكات التصريف فى مجموعة الأودية المختارة تبعاً للقياسات السابق الإشارة إليها. كما يوضح الشكل رقم (٨-أ - و ٨-ب) شبكات التصريف فى هذه الأودية.

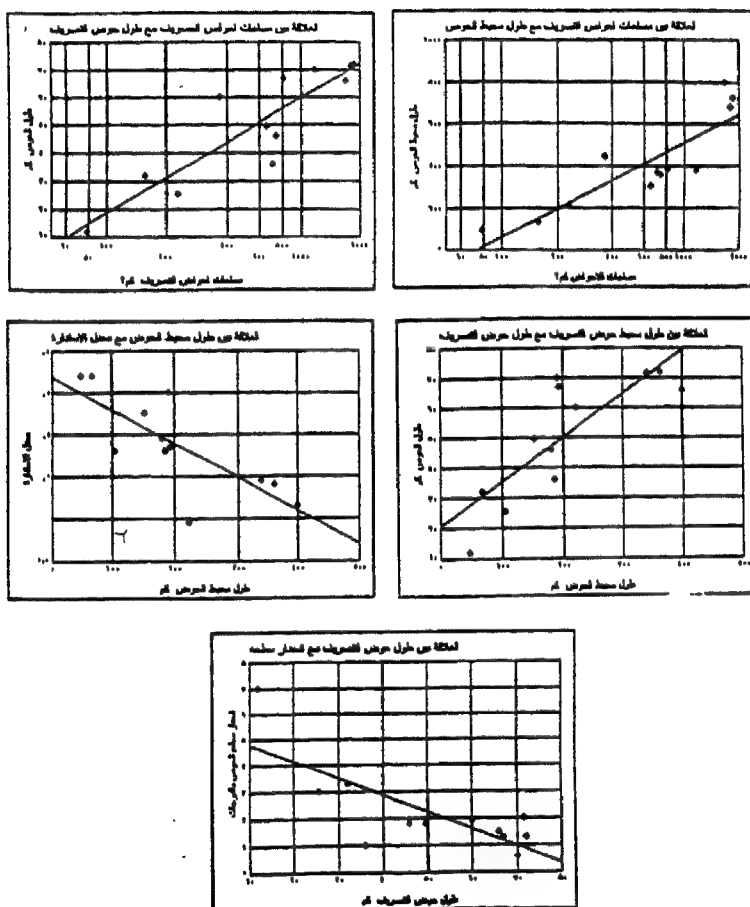
جدول رقم (٥) الخصائص المورفومترية لشبكات التصريف في الأودية

الأود	م.ج. أعداد المجارى	معدل التفرع	م.ج. أعداد المجارى	م. أطوال المجارى	كثافة التصريف
بنى غافر	٢٧,٩	٤,٨٦	٣,٦٦	١,١٣	١,٧١
الحو ض	٣٥٤٨	٣,٩٩	٤٩٧٩	١,٤	٢,٧
جبا	٣١٩	٣,٩٠	٣٩٨	١,٢٥	١,٧
لاتص	٢٥٩	٣,٧٣	٣١٠	١,٢	٢,٠
الجف	٢٨٥٣	٤,٥٧	٢٥٧٢	٠,٩٠	٢,٩٠
عبرى	١٢٩٥	٣,٣	١٢٨٧	٠,٩٩	١,٨
ميج	٢١٠٩	٣,٩	٢٢٠٠	١,٠٤	٣,٠
مجلا ص	٢٢٠٦	٣,٤	١٨٨٣	٠,٠٨	٢,٩
ضيفة	٤٥١٣	٥,٣	٣٣٤٩	٠,٧٤	١,٨
حلفين	١٢٥٩	٥,٠	١٧٢٧	١,٤	١,٨
معين	٤٣٢	٣,٦٦	٦٣٧	١,٤٧	١,٧
مسفاة	١٣٤	٣,٢	١٩٢	١,٤	٢,٥

ومن الجدول السابق تتضح النتائج التالية:

- ١ - أن مجموع أعداد المجارى يتراوح بين ١٣٤-٤٥١٣ مجرى من الرتب المختلفة داخل أحواض التصريف. ويصل معامل الاختلاف بين أعداد مجارى الأودية إلى ٧٩%. وتعكس هذه الأرقام مقدار التفاوت فى أعداد المجارى بين شبكات التصريف فى مساحات أحواض التصريف وكذلك الظروف الأخرى. وبشكل عام يقل عدد المجارى فى الأحواض

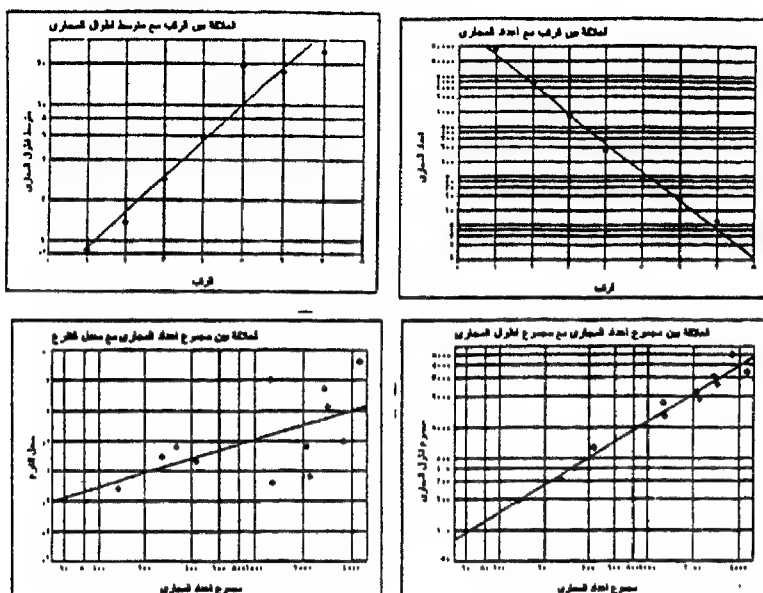
الصغيرة المساحة عن ٥٠٠ مجرى كما يقل فى الأحواض المتوسطة
المساحة عن ٢٥٠٠ مجرى، ويزيد عن ذلك فى الأحواض الكبيرة
المساحة.



شكل رقم (٧) العلاقات الخطية بين الخصائص المورفومترية لأحواض التصريف



النحت الجانبي - خسائط الصخور على جانب والى
نتيجة نحت السيول



شكل رقم (٨ - ١) العلاقات الخطية بين الخصائص المورفومترية لاجوامع
العصيف مع الخصائص المورفومترية لشبكات تصريف الاودية .

وعلى مستوى الرتب، تضم الرتبة الأولى والثانية حوالى ٩٥,٤% من مجموع أعداد المجارى وتمثل مجارى الرتبة الأولى وحدها ما يزيد عن ثلاثة أرباع أعداد المجارى حيث تصل إلى ٧٨% من هذا المجموع. وفي المقابل يقع أقل من ٥% فقط من أعداد المجارى فى بقية الرتب بالكامل. ولا توجد اختلافات بين الأحواض الصغيرة والكبيرة فى هذه النسب، حيث تتقارب فى نسبة أعداد مجارى هاتين الربتين إلى مجموع أعداد المجارى فيها.

٢- يتراوح معدل التفرع فى شبكات تصريف الأودية بين ٣,٢-٥,٣ بمتوسط عام حوالى ٤. ويعكس هذا التقارب فى المعدل بين شبكات تصريف الأودية، وهذا ما يوضحه معامل الاختلاف الذى يصل إلى ١٧% فقط.

وجدير بالذكر أن هذه المعدلات تتفق مع المعدلات العالمية التى وردت فى الكتابات السابقة على سبيل المثال هورتون Horton ذكر أن متوسط معدل التفرع بصفة عامة حوالى ٣,٥٢ وذلك فى بعض أحواض التصريف التى قام بدراستها بالولايات المتحدة. وتراوح عند كواتس بين ٢,٨-٤,٩ وكان فى الرتب الأولى بين ٤-٥,١ فى جنوب ولاية انديانا بالولايات المتحدة (Strahler, A.N., 1957, pp. 914-915).

٣- يتراوح مجموع طول المجارى فى شبكات تصريف الأودية بين ١٩٢-٤٩٧٩ كيلو متر وبمتوسط عام ١٨٨٣ كم. وتتفاوت الأطوال بين شبكات التصريف بنفس درجة تفاوت أعداد المجارى حيث يصل معامل الاختلاف إلى ٧٧%. ويزيد مجموع الأطوال فى الأحواض الكبيرة المساحة عن ٢٥٠٠ كم. ويتراوح بين ١٠٠٠ - أقل من ٢٥٠٠ كم فى الأحواض المتوسطة المساحة وبين حوالى ٢٠٠-٦٠٠ كم فى الأحواض

الصغيرة المساحة. ويرتبط مجموع أطوال المجارى بأعداد المجارى ومساحات الأحواض داخل الشبكة. وسوف يتضح هذا من خلال العلاقات بين المتغيرات والتي سوف يتم تناولها فى الجزء التالى.

٤- يتقارب متوسط طول المجارى فى شبكات تصريف الأودية حيث يتراوح بين ٠,٧٤-١,٤٧ كم بمتوسط ١,١٥ كم. ويوضح معامل الاختلاف مدى هذا التقارب حيث يصل إلى أقل من ٢٢%. ولا يرتبط متوسط الطول داخل الأودية بمتغير معين، ولعل هذا يوضح تأثره بأكثر من عامل فى وقت واحد.

٥- تتراوح كثافة التصريف فى شبكات التصريف بين ١,٧-٣ كم/كم^٢. ولا توجد فروق كبيرة فى الكثافة بين الأحواض، حيث يصل معامل الاختلاف إلى حوالى ٢٧%. وتفيد الدراسات السابقة أن كثافة التصريف تتفاوت بين أحواض التصريف كما تتفاوت بين المناطق تبعاً للظروف الهيدرولوجية والجيولوجية وشكل السطح فعلى سبيل المثال تراوحت بين الأودية فى الولايات المتحدة بين ٣-٤٠٠ كم/كم^٢ (Linsley, R.K., et al. 1982, p. 313).

وجدير بالذكر أن هذه المعدلات تعتبر منخفضة بالمقارنة بالأرقام العالمية الأخرى، ولعل هذا يرجع إلى المصدر الذى استخدم فى استخراج شبكات تصريف الأودية وهى الخرائط الطبوغرافية مقياس ١/١٠٠,٠٠٠ والتي لا تمثل فيها المجارى من الرتب الدنيا، على الأقل مجارى الرتبة الأولى الفعلية كنتيجة لمقياس الرسم. كما أن هناك عامل آخر يجب أخذه فى الاعتبار وهو صلابة الصخور فى المنطقة خاصة أن جزءاً كبيراً من أحواض التصريف يتكون أساساً من صخور الأفيوليت.

- ٤- العلاقات بين خصائص الأحواض وخصائص شبكات التصريف:
- من خلال علاقات الارتباط فى المصفوفة والعلاقات الخطية الموضحة فى الشكل رقم (٨-أ و ٨-ب) يمكن تلخيص العلاقات بين الخصائص المورفومترية لأحواض التصريف مع الخصائص المورفومترية لشبكات التصريف فيما يلى:
- ١- توجد علاقة عكسية شبه كاملة بين الرتب مع أعداد المجارى. وعلاقة طردية شبه كاملة أيضا بين الرتب مع متوسط أطوال المجارى. شكل (٨-أ).
- ٢- علاقة موجبة بين مساحات أحواض التصريف مع كل من أعداد المجارى وطول المجارى شكل رقم (٨-ب). مما يعنى أن أحواض التصريف الكبيرة المساحة تضم أعداداً أكثر من المجارى وتضم أيضاً مجموع أطوال مجارى أكبر إذا قورنت بالأحواض الصغيرة المساحة شكل رقم (٨-ب).
- أيضاً هناك علاقة موجبة بين مساحات أحواض التصريف مع معدل التفرع حيث يزيد المعدل فى الأحواض الكبيرة وينخفض فى المقابل فى الأحواض الصغيرة شكل رقم (٨-ب).
- ٢- توجد علاقة قوية وموجبة بين كل من محيطات أحواض التصريف مع كل من مجموع أعداد المجارى ومجموع أطوال المجارى. مما يعنى أن المحيطات الطويلة تضم أعداداً وأطوالاً كبيرة من المجارى، والعكس صحيح بالنسبة لحالة الأحواض ذات المحيطات الأقصر شكل رقم (٨-ب).
- ٣- هناك علاقات موجبة بين أطوال أحواض التصريف مع كل من مجموع أعداد المجارى ومجموع أطوال المجارى وأيضاً نفس العلاقة مع معدل التفرع فى شبكات تصريف الأودية. وبالتالي يمكن القول أن أحواض

التصريف ذات الأطوال الكبيرة تضم أعداداً كبيرة من المجارى، وكذلك يزيد بها مجموع أطوال المجارى شكل رقم (٨-ب).

٤- توجد علاقة موجبة وقوية بين أعداد المجارى ومجموع أطوال المجارى والشكل رقم (٨-أ) يبين مدى هذه العلاقة.

ثالثاً: خصائص التصريف فى الأودية:

يتناول هذا الجزء موضوعين أساسيين: الأول يهتم بتحليل خصائص الجريان من حيث التردد وحجم ومتوسط كمية التصريف وأقصى وأدنى تصريف والأبعاد والمنحنى البياني للتصريف وكذلك فصلية الجريان. والثانى يتناول العلاقات بين الخصائص المورفومترية لأحواض وشبكات التصريف مع خصائص التصريف.

١- خصائص التصريف:

أ- التردد Frequency:

الجدول التالى يبين عدد مرات الجريان التى جرت فى عشرة أودية هى التى توافرت لها بيانات كافية عن التصريف، وكذلك عدد السنوات ومرات تردها أو التكرار ومتوسط طول الفترة الفاصلة بين موة جريان وأخرى وذلك خلال الفترة من ٧٥-١٩٨٥. ويوضح الشكل رقم (٩) مجموع مرات الجريان فى الأودية خلال هذه الفترة.

جدول رقم (٦) تكرار الجريان فى الأودية العشرة خلال الفترة ٧٥-١٩٨٥.

تم إنشاء هذا الجدول من المصدر التالي (المصدر: 1985 P.A.W.R..
.(report I-86-21, pp. 6-190

الوادي	عدد مرات التصريف	عدد السنوات	معدل تكرار التصريف	متوسط طول الفترة الفاصلة بالسنوات	أدنى فترة فاصلة (سنة)	أقصى تكرار خلال سنة واحد	السنة التي وقع بها أقصى تكرار
خلفين	١١	٦	١.٨٣	٠.٥٥	٠.٢٠	٥	١٩٨٣
لاتيب	٤	٢	٢.٠٠	١	٠.٣٣	٣	١٩٨٢
ميج	٦	٤	١.٥٠	٠.٦٧	٠.٣٣	٣	١٩٨٢
الخوض	١٨	١١	١.٦٤	٠.٦١	٠.٢٥	٤	١٩٧٧
مسفاة	١٤	٥	٢.٨٠	٠.٣٦	٠.١٧	٦	١٩٨٣
معيدن	١٢	٦	٢.٠٠	٠.٥٠	٠.٢٠	٥	١٩٨٢
جبا	٥	٤	١.٢٥	٠.٨٠	٠.٥٠	٢	١٩٨٣
مجلس	٧	٥	١.٤٠	٠.٧١	٠.٥٠	٢	١٩٨٣
ضيقة	٢٥	١٠	٢.٥٠	٠.٤٠	٠.١٤	٧	١٩٨٢
بنى غافر	١٧	٧	٢.٤٣	٠.٤١	٠.٢٥	٤	١٩٨٣

من الجدول السابق يتضح ما يلي:

- ١- من حيث توزيع مرات الجريان بين الأودية خلال فترة العشر سنوات كاملة، فقد جرت المياه بالأودية حوالي ١١٩ مرة جريان في فترة عشر سنوات بمتوسط حوالي ١٢ مرة تصريف للوادي الواحد أي بمتوسط حوالي ١,١ مرة جريان واحدة للوادي الواحد خلال السنة. ويختلف عدد مرات الجريان الفعلي بين الأودية عن ذلك اختلافاً واضحاً وقد سيطرت الأودية الثلاثة الكبيرة وهي ضيقة والخوض وبنى غافر على ٥٠% من عدد مرات الجريان. ثم جاءت الأودية التي تنبع من الجبل الأخضر وهي أودية مسفاة ومعيدن وخلفين وهي أودية صغيرة ومتوسطة، وساهمت بحوالي ٣١%. على حين ساهمت أودية لاتيب وميج وجبا ومجلس بنسبة ١٩% فقط وهي نسبة تقل عن ما يساهم به

وادی ضيقة وحده.

٢- تراوح معدل التكرار أو التردد في الأودية بين ١,٢٥-٢,٥ مرة جريان بمتوسط أقل من ٢ مرة تصريف خلال السنة الواحدة وذلك على مستوى مجموعة الأودية بالكامل وهو رقم قريب من أرقام الجريان في الأودية الصحراوية الأخرى. فعلى سبيل المقارنة ذكر وليلمز Williams ١٩٧٨ (W.L. Graf 198 p. 104) أن المتوسط غالباً حوالى ١,٥.

٣- يصل متوسط طول الفترة الفاصلة بين مرة جريان وأخرى إلى حوالى سبعة شهور. ويختلف طول الفترة بين واد وآخر ويتراوح بين أربعة شهور فقط كما في وادی مسفاة إلى سنة كاملة كما في وادی لانصب.

٤- إذا أخذنا في الاعتبار السنوات والأودية التي كان بها جريان خلال فترة العشر سنوات فقد تراوح عدد مرات تكرار أو تردد التصريف خلال السنة الواحدة بين ٢-٧ مرات، بمتوسط عام حوالى ٤ مرات جريان خلال السنة الواحدة. وقد وقع أعلى تردد للتصريف في وادی ضيقة وكان أدنى تردد من نصيب وادی مجلاص. وتراوح طول الفترة الفاصلة بين مرات التصريف التي جرت خلال سنة واحدة بين ٠,١٤ من السنة فقط أى بمعدل أقل من أربعة شهور في وادی ضيقة إلى حوالى ٠,٥٠ من السنة أو ما يقرب من نصف عام كامل في واديا مجلاص وجبا. وكان المتوسط العام للأودية التي تم بها جريان حوالى ٠,٢٩ من السنة أى ما يقرب من ٣,٥ شهر فقط وهي فترة قصيرة.

٤- جاءت أعوام ١٩٨٢ و ١٩٨٣ من أكثر الأعوام تكراراً لمرات الجريان مما يوضح زيادة معدلات المطر الساقطة خلال هذين العامين. ويوضح هذا أيضاً احتمال أن عملية التساقط قد شملت

كل المنطقة أو غطت معظم شمال عمان.

ب- حجم التصريف Discharge magnitude:

يصل المتوسط العام للتصريف في مجموعة الأودية موضوع الدراسة خلال الفترة بين ١٩٧٥-١٩٨٥ إلى ٤١٥ م^٣/ث. ويصل أدنى تصريف في المجموعة إلى حوالي ٨٥,٧ م^٣/ث. ويرتفع في المقابل أقصى تصريف إلى ١٦٨٠ م^٣/ث. ويصل معامل الاختلاف بين الأرقام إلى ١١٥%، مما يبين مدى التفاوت بين كميات التصريف التي جرت في الأودية.

ويخلص الجدول التالي البيانات الخاصة بالتصريف في عشرة أودية، من حيث المتوسط وأقصى وأدنى تصريف والمجموع والانحراف المعياري خلال الفترة من ٧٥-١٩٨٥. كما يوضح الملحق رقم (١) البيانات الخاصة بعمليات الجريان الفعلية لمجموعة الأودية والتي جرت بها خلال هذه الفترة. ويلاحظ أنه عند استخدامها لاستخراج بعض المعدلات الواردة في الجدول التالي تم حذف بعض الأرقام الشاذة والتي قامت على أساس تقديري.

جدول رقم (٧) متوسط وأدنى وأعلى ومجموع كميات التصريف في أودية شمال عمان تم إنشاء هذا الجدول على أساس المصدر التالي: المصدر:

P.A.W.R. report: pp. 6-1999

الوادي	م. التصريف م ^٣ /ث	أدنى تصريف م ^٣ /ث	أقصى تصريف م ^٣ /ث	مجم. التصريف م ^٣ /ث	الانحراف المعياري
حلفين	٥٨٧,٦٠	١٣,٠٠	٤١٣٠,٠٠	٦٤٦٤,٠٠	١١٩٩,٦٠
الاصب	١٦٢,٥٠	٣,٥٠٠	٦١٢,٠٠	٦٥٠,٠٠	٢٩٩,٩٢
ميج	١٢٩,١٧	٠٠٠	٢٣٦,٠٠	٧٧٥,٠٠	١٠٣,٢٧
الخوض	٢٥٧,٠٠	١٢,٠٠	٨٧٢,٠٠	٤٦٢٦,٠٠	٢٥٧,٣٩

مسافة	١٢٢,٥٩	١,٢٠٠	٥٥٥,٠٠	١٧١٦,٢٠	١٦٧,٧٩
معين	٤٨٩,٤٢	٢٩,٠٠	٤٢٠,٠٠	٥٨٣٧,٠٠	١١٧٣,١٦
جها	١,٠٧,٨٠	...	٣٧٦,٠٠	٥٣٩,٠٠	١٥٩,٨٦
مجلس	٢٥٦,٨٦	...	١,٠٨٠,٠٠	١٨٦١,٠٠	١٤٤,٣٦
ضيق	٨٤٨,٣٢	٢٣,٠٠	٦٠٧,٠٠	٢١٢٠٨,٠٠	١٣٣٩,١٢
بنى غافر	٣٤٢,٥٩	...	١,٠٩٠,٠٠	٥٨٢٤,٠٠	٢٩٨,٧٨

ومن الجدول السابق يتضح ما يلي:

١ - من حيث متوسط وأقصى وكذلك مجموع التصريف يأتى وادى ضيقة فى المركز الأول وهو من الأودية التى تتمتع بجريان غزير حيث جرى به خلال هذه الفترة ما يقرب من ٢,٨% من مجموع تصرفات الأودية. ويرجع هذا إلى كبر مساحة حوضه وارتفاع منابعه ووجود تغذية جوفية شبه مستمرة طول العام، وهى أن كانت لا تساهم بجزء كبير من التصريف إلا أنها تساعد على انخفاض كمية الفاقد عن طريق التسرب أثناء عمليات الجريان التى تتم فى الوادى.

وتختلف بقية المراكز بين الأودية دون ما ارتباط واضح مع مساحة الحوض، حيث تتقدم بعض الأودية الصغيرة مثل معين وحلفين على أودية الخوض وبنى غافر رغم كبر مساحة الأخيرين. ويرجع ذلك إلى وقوع منابع واديا معين وحلفين فى منطقة الجبل الأخضر الذى يتميز بغزارة أمطاره وزيادة كميتها عن المناطق المجاورة. إلا أن هذا لم يمنع من سيطرة الأودية الكبيرة المساحة على معظم كميات التصريف فقد ساهمت ثلاثة أودية كبيرة هى ضيقة والخوض وبنى غافر بحوالى ٦٤% من المجموع الكلى للتصريف على حين كانت نسبة الأودية المتوسطة والصغيرة المساحة هى ١٨,٤ و ١٧,٦% على التوالى.

٢ - كما هو واضح تختلف كمية التصريف بين الأودية اختلافاً واضحاً، كما تختلف أيضاً داخل الوادى الواحد بين مرة الجريان والأخرى. وتعتبر

أودية ضيقة وحلّفين ومعيدين من أكثر الأودية تفاوتاً وكانت أكثرها تصرفاً كذلك . وتأتى أودية الخوض ولاصب وميحي غافر فى وضع متوسط من حيث التفاوت والتصرف، ثم تأتى أودية ميحي ومجلاص وجبا ومسفاة أكثرها تقارباً وأقلها تفاوتاً فى كميات التصريف.

٣- تمثل عملية الجريان التى تزيد كمية التصريف فيها عن ٢٥٠ م^٣/ث حوالى ٢٩% من مجموع عمليات التصريف خلال الفترة المشار إليها. اختلفت هذه النسبة بين الأودية فقد كانت صفر فى وادى ميحي على حين مثلت أكثر من ٥٠% فى وادى بنى غافر وضيقة.

وتمثل عمليات الجريان التى تزيد فيها كمية التصريف عن ٥٠٠ م^٣/ث حوالى ١٥% فقط من المجموع. واختلفت كذلك النسبة فى الأودية بين الصفر و ٣٦% والرقم الأول يخص وادى ميحي على حين الآخر يخص وادى ضيقة.

ج- سرعة الجريان Velocity:

يلخص الجدول التالى كل من متوسط وأقصى وأدنى سرعة للتصريف فى الأودية.

جدول رقم (٨) متوسط وأقصى وأدنى سرعة للجريان فى الأودية.

المصدر: P.A.W.R. 1985, report PAWR, 85-15 pp. 1522

الوادي	حلّفين	لاصب	ميحي	الخوض	مسفاة	معيدين	جبا	مجلاص	ضيقة	بنى غافر	الجوف	عبرى
م. - - - - -	١,٧٢	١,٧٧	٢,٤٨	١,٩٤	٢,٣٣	٣,٢٧	١,٢٢	٢,٢٤	٤,٦٦	٢,٠٨	١,٩٣	١,٨٧
م/ث												
أقصى سرعة	٣,٦٧	٢,٢٥	٢,٩٢	٢,٧٥	٢,٥٧	٧,٢٥	١,٧٢	٣,٤٥	٩,٧٢	٣,٤٠	٣,١٤	٢,٤٩
م/ث												
أدنى سرعة	١,١٤	١,١٤	١,٥٨	٠,٨١	٢,٠٩	١,٠٨	٠,٨٣	١,١٠	١,٢٩	١,١٢	١,٣٨	١,٢٤
م/ث												

ومن الجدول السابق يمكن القول أن المتوسط العام لسرعة التصريف على مستوى الأودية تصل إلى حوالي ٢ م/ث. إلا أن الأرقام الفعلية تبين أن هناك اختلافاً واضحاً على مستوى الأودية أي بين واد وآخر، ثم كذلك داخل الوادى الواحد بين مرة جريان وأخرى.

وقد وصلت أقصى سرعة للتصريف إلى ما يقرب من العشرة أمتار في وادى ضيقة. وبشكل عام اختلفت أقصى سرعات في الأودية بين ١,٧٢-٩,٧٢ م/ث. مما يعكس التفاوت الكبيرة بين الأودية من حيث السرعة. وكان متوسط السرعات القصوى حوالي ٣,٧٧ م/ث.

وفى المقابل تراوحت السرعات الدنيا التى سجلت خلال الجريان بين ٠,٨٣ م/ث فى وادى جبا إلى ما يزيد عن المترين فى وادى مسفاة.

وبشكل عام تميزت بعض الأودية بتسجيلها لسرعات عالية لتصرفاتها وهى أودية ضيقة ومعيدن وميح ومسفاة. وفى المقابل تميزت مجموعة أخرى بالسرعات المنخفضة هى أودية جبا وحلفين ولاصب وعبرى والجزى. على حين سجل واديا بنى غافر ومجلاص سرعات متوسطة فى الغالب.

وعلى سبيل المقارنة بالأودية فى المناطق الصحراوية الأخرى فإن الدراسات السابقة تشير إلى أن سرعة الجريان تتراوح عادة ١-٨ م/ث وتختلف السرعة مع موجات التصريف discharge pulses وقد تراوحت السرعة بين ١,٢-١,٦ م/ث فى بعض أودية شمال الجزائر. وفى أحد السيول التى جرت فى وادى معان بجنوب الأردن وصلت السرعة إلى ٥ م/ث وارتفعت خلال عملية الجريان إلى ١٢ م/ث إلا أن هذا الارتفاع كان لمدة قصيرة جداً (Schick, A.P., 1988, pp. 198-

د- أبعاد التصريف Discharge Parameters:

يقصد بأبعاد الجريان كل من عمق وعرض التصريف وانحداره
 وقيمة معامل الخشونة في قاع المجرى. والواقع أن دراسة مثل هذه
 الجوانب يساعد في التعرف على طبيعة الجريان في هذه المناطق بما يفيد
 في التعامل معه واستغلاله هذا من جهة ومن جهة أخرى فإن لها علاقة
 وطيدة مع كل من شكل ونمط المجرى (Cooke, R.U. et al. 1993, p. 151)
 ويلخص الجدول التالي هذه البيانات لمجموعة الأودية عدا وادي
 عبرى الذي لم تتوافر عنه بيانات.

جدول رقم (٩) أبعاد التصريف في الأودية

(المصدر: P.A.W.R. 1985, report PAWR 85-15, pp. 15-20).

الوادي	العمق بالمتر	العرض بالمتر	الحداد الجريان م/م	معامل الخشونة (n)
حلفين	١,٩	٦,١٩	٠,٤٤	٦٤,٢٢
٥				١٠,٢٠
الاصب	٠,٩	١,٣٥	٠,٥١	٤٤,٢٣
٦				٤٧,٣٠
ميج	١,٤	١,٧٥	٠,٩١	٤٥,٣٠
٩				٤٧,٧٠
الخن	١,٣	٢,٦٧	٠,٤٥	٩٦,٩٠
٩				١٦٣
مسفاة	١,٧	١,٨٤	١,٧٤	٦٧
٩				٨٥,٧٠
معيدين	١,٤	٣,٦٠	٠,٥١	٩٠,٤٠
٠				١٦١
جبا	٠,٦	١,١٣	٠,٢٩	٨٧,١٠
٥				١٩٤
ميسلا	١,٢	٢,٣٩	٠,٣٧	٧٤
٠				١٣١
ضيفة	٢,٢	٥,٣٩	٠,٤٩	١٥١
٢,٢				٧٨,٧

									٤
٠,٣١	٠,٤	٠,٦	٠,٥	٥٢	١٢٠	٨١,٦	٠,٧٤	١,٦٧	١,٠٠
									٩
٠,٣٦	٠,٤	٠,٦	٠,٥	١٧,٣	١١١	٦٨,٢٤	٠,٢١	١,٧٦	٨,٠٨
									٦

ومن الجدول السابق يتضح ما يلي:

١ - بالنسبة للعمق:

يصل المتوسط العام لعمق التصريف إلى ١,٣٧ م. ويتراوح بين ٠,٦٥ - ٢,٢٤ م. ويلاحظ عدم وجود ارتباط بين حجم الوادى وعمق الجريان. ففيما عدا وادى ضيقة الذى يعتبر من الأودية الكبيرة جاء وادى حلفين ومسفاة على رأس الأودية من حيث عمق الجريان وهما من الأودية المتوسطة والصغيرة على التوالي، كما انخفض العمق فى وادى الجزء وبنى غافر وهما من الأودية الكبيرة.

وبشكل عام يمكن القول أن العمق يختلف بين وادى وآخر، وداخل الوادى الواحد بين جريان وآخر تبعاً لمجموعة أخرى من المتغيرات والخصائص غير حجم الوادى أو مساحة حوضه ولعل شكل وأبعاد المجرى وكمية التصريف وانحداره تمثل أهم تلك المتغيرات.

كما يلاحظ أن بعض التصريفات كانت ذات عمق كبيرة حيث وصل إلى أكثر من ٥ أمتار كما هو فى وادى حلفين وضيقة. ومن ناحية أخرى كان هناك تقارباً واضحاً بين بقية الأودية حيث تراوح عمق الجريان بين ١,٥ م إلى ٣,٥ م.

وفى المقابل كان أدنى عمق سجلته التصريفات هو ٠,٢١ م فقط وادى الجزى وكانت جميع الأرقام الدنيا أقل من المتر عدا وادى مسفاة.

٢ - بالنسبة لعرض الجريان فقد تراوح بين ٤٤ م - ١٥١ م

وبمتوسط عام حوالى ٧٩ م وتعكس الأرقام تفاوتاً كبيراً سواء بين الأودية أو بين عمليات الجريان فى الوادى الواحد.

وقد ارتفعت الأرقام القصوى إلى أرقام كبيرة حيث كان المتوسط ١٢٢ م وفى المقابل كان متوسط الأرقام الدنيا لعرض التصرفات حوالى ٤٠ متراً.

٣- تراوح الانحدار العام للتصريف بين ٠,٠٠٣ إلى ٠,٠٠٧ بمتوسط ٠,٠٠٦. ويختلف أيضاً بين الأودية كما يختلف بين التصرفات (يلحظ أن الانحدار يقصد به انحدار سطح التصريف إلى سطح القطاع العرضى للمجرى).

٤- كما تراوح متوسط خشونة القاع (n) فى المجارى بين ٠,٠٣١ إلى ٠,٠٤١ بمتوسط عام قدره ٠,٠٤١ على مستوى مجموعة الأودية موضوع الدراسة وهى أرقام مرتفعة. ومن المعروف أن خشونة القاع لها علاقة وطيدة بسرعة الجريان وهذا ما توضحه معادلة ماننج (Cooke, Manning's equation, et al., 1985, p. 240).

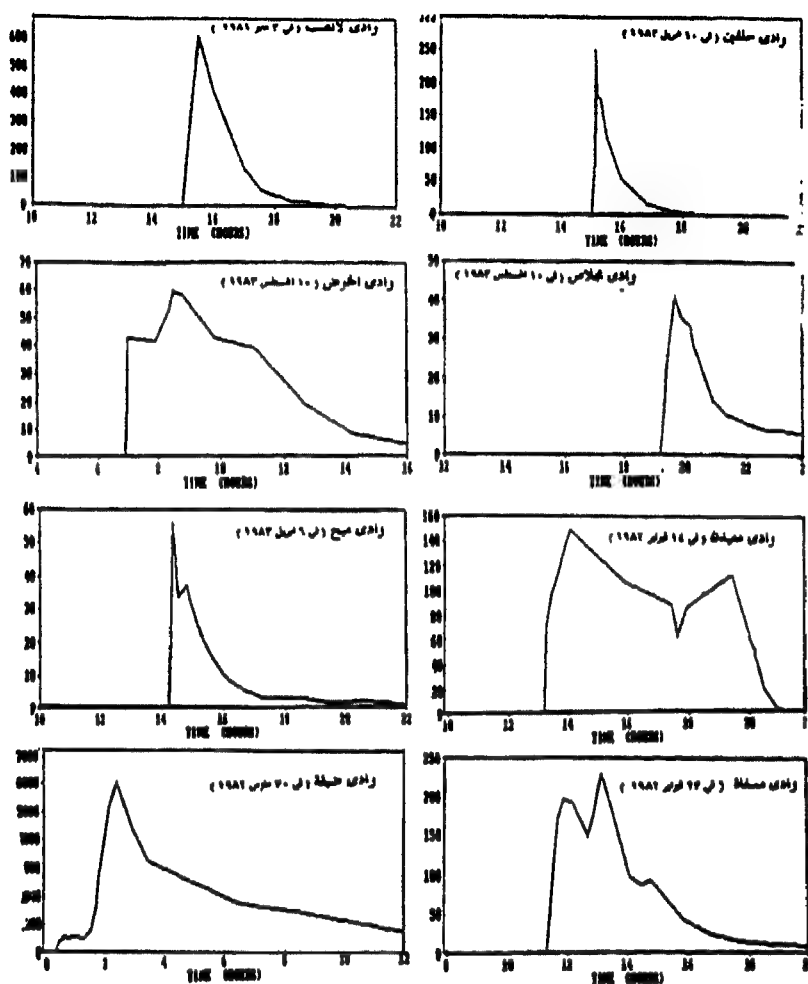
٥- المنحنى البياني للتصريف Hydrograph:

من خلال فحص وتحليل الأشكال البيانية لعمليات الجريان التى توافرت لمجموعة من الأودية موضوع الدراسة (شكل رقم ٩) يمكن أن نلاحظ ما يلى:

١- أن جميع عمليات الجريان بدأت بشكل فجائى حيث ارتفع التصريف إلى قمته فى وقت قصير جداً لم يتعد الدقائق فى معظم الأودية (٦ أودية). ويوضح وضع وشكل الجناح الأيسر من المنحنى فى استقامته وارتفاعه الرأسى مقدار هذه الفجائية. وفى بقية الأودية (٣ أودية) بدأ

الجريان فجائياً واستمر فى الارتفاع والزيادة حتى وصل إلى قمته خلال فترة بين أقل من ساعة إلى ساعتين.

٢ - هناك حوالى سبعة أودية شكلت عمليات الجريان فيها قمة مدببة حادة وسريعة ولم تستمر هذه القمة أكثر من عدة دقائق إلى ما يزيد عن الساعة، بدأ بعدها الجريان فى الانخفاض السريع أيضاً ويظهر ذلك واضحاً من خلال شكل القمة وشكل الجناح الأيمن فى المنحنيات البيانية للتصرفات (شكل رقم ٩). كما أن هناك بعض الأودية التى ظهرت منحنياتها بها قمتين واضحتين بدلا من واحدة وأن كانت المنطقة التى



شكل رقم ٩ : الاشكل المائية للتصريف (الهيدوجراف) لى بعض الودىة
بشمال سلطنة عمان .
مصدر : PAWR 3-89-29 . ١٩٨٩

تفصل بين هاتين القمتين ذات انخفاض يمكن وصفه بأنه ليس قوياً. كما يلاحظ أن هاتين القمتين غير متساويتين مما يعنى أن أحدهما رئيسية وهى غالباً الأولى على حين تكون الثانية ثانوية. وربما ترجع ثنائية القمم فى المنحنيات إلى احتمال ورود الجريان على شكل نبضات أو موجات pulses كنتيجة لتحرك العاصفة المطيرة فوق حوض التصريف أو نتيجة لتتابع وصول الجريان من الروافد للوادى الرئيسى.

٣- يتراجع أو ينتهى التصريف فى الأودية مثل ما بدأ فى شكل سريع حتى قرب نهايته ثم يستمر لفترة طويلة نسبياً ربما عدة ساعات وهو منخفض فى شكل ذيل طويل. ونادراً ما يتلاشى بطريقة فجائية.

٤- تراوحت مدة الجريان فى الأودية بين ٣ ساعات فقط إلى ١٢ ساعة وبمتوسط حوالى ٨ ساعات على مستوى مجموعة الأودية بالكامل وهى فترة يمكن وصفها بأنها قصيرة. هذا ولم يلاحظ أى اختلاف فى طول الفترة الزمنية بين الأودية الكبيرة والصغيرة أو وقوع الأودية فى موقع مكان معين مما قد يعنى تأثير متغيرات أخرى من المحتمل أنها ترجع إلى طبيعة خصائص العاصفة المطيرة ومدة بقاؤها، إلا أنه لا يمكن استبعاد تأثير بعض الخصائص الأخرى الخاصة بالحوض والشبكة والسطح وكذلك وقت التباطؤ lag-time.

٥- معظم الدراسات التى أجريت على الأودية فى المناطق الصحراوية أوردت نفس شكل المنحنيات البيانية للتصرفات على سبيل المثال شيك (Schick, A.P., 1988, p. 1990) فى دراساته التى أجريت على الأودية فى سيناء وصحراء النقب كانت معظم منحنيات الجريان لها نفس الشكل تقريباً.

كما تفيد هذه الدراسات تعرض التصريف للتناقص السريع مع وصوله إلى

الأجزاء الدنيا من الأودية كنتيجة لما يمكن أن يطلق عليه فاقد الانتقال Transmission losses خاصة مع اتساع المجارى وزيادة سمك الرواسب في قيعانها، إلا أنه ورغم ذلك يظل المنحنى محتفظاً بشكله وقد وضح ذلك جلياً من خلال إحدى الدراسات التي أجريت على وادى نجران بجنوب غرب المملكة العربية السعودية (FAO, 1981, pp. 74-75).

و- فصلية الجريان Discharge seasonality:

من خلال تحليل أوقات حدوث الجريان على مدار العام وتوزيعها على شهور السنة يمكن القول:

١- أن حوالى ثلاثة أرباع الجريان (٧٥%) قد تمت في شهور فبراير ومارس وإبريل ومايو فقط. ويعتبر شهر فبراير أكثر شهور السنة من حيث عدد مرات الجريان التي تقع فيه حيث تمثل به حوالى ربع العدد (٢٥%). وهو ما يوازى النسبة الباقية التي وقعت في بقية شهور السنة التي لم تذكر في الجزء السابق.

٢- لم يقع أى من التصريفات خلال شهر يوليو كما كان نصيب كل من يونيو وأكتوبر ويناير محدود جداً.

٣- يلاحظ من هذا التوزيع أن نصيب الفترة التي تمثل وسط فصل الشتاء يعتبر ضعيفاً بالمقارنة بالفترات الانتقالية بين الفصول وهذا مرده إلى زيادة فعالية الأمطار الانقلابية التي تسقط خلال هذه الفترات.

٤- يلاحظ أن الأودية التي تنبع من الجبل الأخضر كان لها خاصية عدم انتظام الجريان بها في فترات معينة من السنة حيث يتوزع الجريان على مدار السنة، ويرجع هذا إلى تميز منطقة الجبل بسقوط الأمطار عليها معظم أيام السنة دون بقية الأجزاء المجاورة.

٢- علاقات خصائص التصريف.

أ - العلاقات بين خصائص التصريف:

من خلال المصنوفة يمكن تلخيص العلاقات بين خصائص التصريف، كما يبين الشكل رقم (١٠) طبيعة هذه العلاقات، وهذه العلاقات هي:

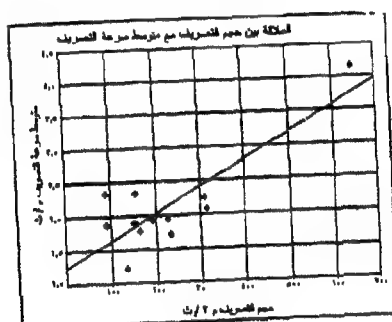
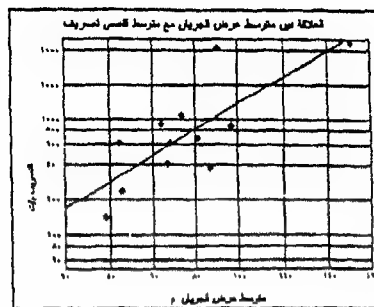
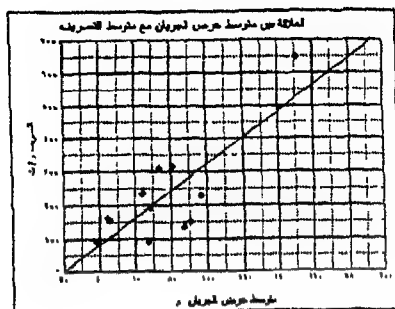
- توجد علاقة موجبة بين متوسط التصريف السنوي مع متوسط عرض الجريان حيث يزيد العرض مع زيادة التصريف.
- كما توجد علاقة موجبة بين متوسط عرض الجريان مع متوسط سرعة الجريان حيث يزيد العرض مع زيادة السرعة.
- توجد أيضاً علاقة موجبة بين متوسط التصريف السنوي مع متوسط سرعة الجريان حيث تزيد السرعة مع زيادة متوسط التصريف.
- ب- العلاقات بين خصائص التصريف مع خصائص الأحواض وشبكات التصريف:

- توجد علاقات طردية بين مساحات أحواض التصريف مع متوسط التصريف السنوي كما توجد نفس العلاقة مع مجموع أعداد المجارى ومعدل التفرع. والشكل رقم (١١) يوضح هذه العلاقات. وجدير بالذكر أنه نظراً لأن هذه العلاقة وطيدة فقد أمكن التعبير عنها من خلال بعض المعادلات الرياضية التي يستخدمها الهيدرولوجيين في العديد من الجوانب التطبيقية ومن هذه المعادلات التالية:

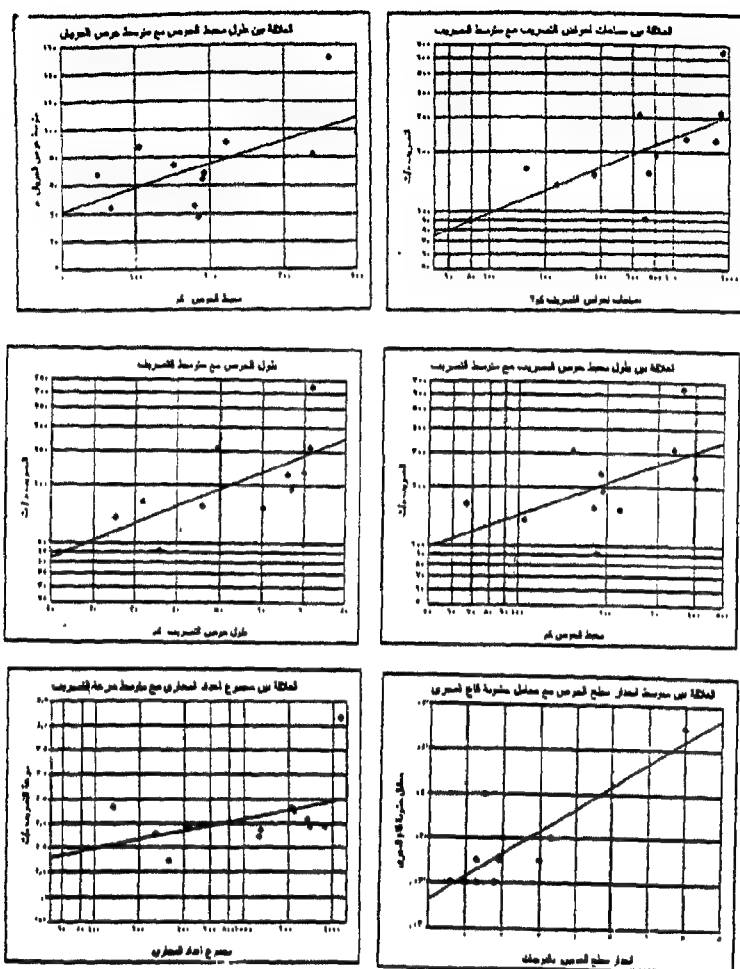
$$Q = 99.A^{0.5}$$

حيث:

$$Q = \text{التصريف م}^3/\text{ث}$$



شكل رقم (١٠) العلاقات الخطية بين خصائص التصريف



شكل رقم (١١) العلاقات الخطية بين خصائص التفريخ مع خصائص احوال وشيكات التفريخ

و $A =$ مساحة حوض التصريف (ميل مربع)
 وجدير بالذكر أيضاً أن مثل هذه العلاقات قد توصل إليها لاست
 (Cooke, R.U., et al. 1985, p. 239) في دراساته على بعض أودية
 جنوب صحراء النقب إلى الشرق من سيناء (Graf, W.L., 1988, p.
 105). أيضاً وجد كارلستون (Carlston, C.W., 1963, pp. 1-8) أن
 هناك علاقة بين كثافة التصريف ومتوسط التصريف السنوي.

رابعاً: الرواسب:

تركز دراسة الرواسب على قياس حجم الرواسب التي تشكل قيعان
 المجارى فى الأودية موضوع الدراسة والوصف العام لشكلها فى مناطق
 محطات قياس الجريان. وقد اعتمدت الدراسة على مصدرين أساسيين:
 الأول هو نتائج بعض القياسات التي أجرتها وزارة موارد المياه (عينة
 واحد لكل وادى عند موقع المقياس) وقد اعتبر هذا غير كاف للاستدلال
 على طبيعة وحجم الرواسب فى هذه القطاعات، ومن ثم كان المصدر
 الثانى وهو قيام الباحث بقياس الحجم لعدد ٢٤ عينة راسب بمعدل
 عينتين لكل مجرى واختيرت مواقع العينات بحيث تكون إحدى العينات
 على مسافة مائة متر قبل المقياس، والثانية على نفس المسافة بعد
 المقياس فى اتجاه المصب. وقد تم تحليل معظم العينات فى الموقع
 باستخدام الأساليب التالية:

١- استخدام شريط القياس^(٥) فى تحديد حجم الجلاميد الكبيرة من

(٥) نستخدم طريقة القياس المباشر فى قياس أحجام الرواسب الكبيرة وفيها يمكن
 استخدام أية أداة بسيطة مثل مسطرة القياس أو أى من أدوات قياس الأبعاد.

العينة (قطرها أكبر من ٢٠ سم).

٢ - استخدمت أداة قياس السمك (القدمة clipper) لقياس حجم الحبيبات أكبر من ٢ سم إلى أقل من ٢٠ سم.

٣ - استخدمت المناخل ذات الفتحات المختلفة لقياس حجم الحبيبات الأقل من القطر السابق.

٤ - استخدمت لوحات تحديد درجات الاستدارة في تحديد مدى استدارة الشكل تبعاً لطريقة لكرومبيان (Gardiner, V., and Dachamb, R., 1983, pp. 111).

وحتى يمكن التعامل مع حجم الرواسب كتغير له علاقاته مع المتغيرات الأخرى، فقد تم استخراج متوسط الحجم لكلا المصدرين السابقين. ويلخص الجدول التالي متوسط حجم الرواسب بالنسبة لبيانات وزارة موارد المياه وكذلك المتوسط بالنسبة لقياسات الباحث ثم المتوسط العام لكليهما.

جدول رقم (١٠) متوسطات أحجام الرواسب في مجارى الأودية

الوادي	متوسط الحجم (مم) (الباحث)	متوسط الحجم (مم) (وزارة موارد المياه)	المتوسط العام (مم)	معدل الاستدارة
بلى غافر	١٢,١٢	١٢,٤٠	١٢,٢٦	جيدة الاستدارة
الخوض	٢٢,٤٦	٢٣,٠٠	٢٢,٧٣	جيدة الاستدارة
جبا	٧,٥٤	٧,٧٠	٧,٦٢	جيدة الاستدارة
لاصب	٥,١	٥,٩	٥,٥	مستديرة - جيدة
الجزى	٩,٠٤	٦١,٠٠	٣٥,٠٢	جيدة الاستدارة
عبرى	٤,٦٤	٥,٨٠	٥,٢٢	مستديرة - جيدة

للمزيد يمكن الرجوع إلى Gaudie, A., et al. 1990, Geomorphological Techniques. 2nd. ed., Unwin Hyuan, London, p. 114.

ميج	٤,٦٨	٤,٥٢	٤,٦٠	مستندرة - جيدة
مجلدات	٩,٦٦	٩,٦٠	٩,٦٣	جيدة الاستدارة
ضيقة	٥٦,٠٠	-	٥٦,٠٠	جيدة الاستدارة
حلفين	٥,٧٣	١,٠٧	٣,٤٠	مستندرة - جيدة
معيدن	٩,٧٠	٩,١٤	٩,٤٢	جيدة الاستدارة
مسافة	٢٤,٨٦	٢٥,٠٠	٢٤,٩٣	جيدة الاستدارة

وتشير نتائج التحليلات إلى أن المواد التي تكون قيعان مجارى الأودية تتصف بالخشونة بشكل عام، حيث يصل المتوسط العام إلى حوالى ١٦,٤ مم. ويختلف الحجم بين المجارى الرئيسية للأودية اختلافاً كبيراً حيث يتراوح بين ٣,٤ مم (فى وادى حلفين) إلى ٥٦ مم فى (فى وادى ضيقة). كما تغطى بعض أجزاء المجارى فى أحيان كثيرة أحجام أكبر من تلك التى وردت فى الجدول، كما هو فى أودية مسفاة ومعيدن والجزى وضيقة، بل أن الأخير تظهر الصخور الأصلية فى بعض أجزاء من قاع مجراه بالقرب من منطقة المزارع.

كما تختلف كذلك على طول القطاع الطولى للمجرى وتتغير على القطاع العرضى وخاصة فى مناطق المنحنيات حيث تتعرض الجوانب إلى التقويض السفلى مع عمليات الجريان التى تمر فى الوادى ويتبع ذلك سقوط بعض الكتل على القاع وتكون عرضة للتفتت والتكسر مما يزد من متوسط الحجم ويقلل من درجة الاستدارة. وتوجد كذلك فى بعض الأحيان اختلافات حادة كنتيجة لوجود البرك وأكوام الرواسب أو ما يطلق عليه اسم riffles and pools.

وتجدر الإشارة كذلك إلى أن المجارى التى بها شرايح مدرجات من الرواسب القديمة كان لها تأثير واضح على حجم الرواسب فى قيعان المجارى حيث تتعرض جوانب هذه المدرجات إلى التآكل عن طريق

عمليات النحت رغم تماسكها إلا أن جزءاً من رواسبها التي نحتت تستقر بين الرواسب التي نقلتها المجارى حديثاً مما يعنى أن هناك احتمال لاختلاط الرواسب مما يؤثر على الحجم.

ومعظم الرواسب جيدة الاستدارة إلى مستديرة، ونادراً ما تكون درجة استدارتها منخفضة مما يعكس شدة وقوة الجريان والسرعات العالية من جانب وطول الرحلة التي قطعها الرواسب من جانب آخر. وطبقاً للملاحظات العامة خلال الدراسة الميدانية يمكن القول أن الأودية كما هو في أودية الخوض في مجرى البحائص (أحد فروع الوادى بمنطقة الدلتا) ووادى ميح قرب مصبه.

وتتكون غالبية الرواسب من الحجر الجيري إلا أن جزءاً كبيراً منها مشتق من صخور الأفيوليت والتي تظهر مختلطة مع رواسب الحجر الجيري وهي تتكون من الجابرو والهارزيورجيت مع الدونيت وبعض الأنواع الأخرى.

وتمثل هذه الرواسب في أغلبها حمولة القاع bed load بالنسبة لغالبية الأودية وهذا يفسر ارتفاع خشونتها وأن كان هذا لا يمنع وجود المواد الناعمة بين الرواسب الخشنة أو توجد على شكل قشرات رقيقة فوقها وهي غالباً تمثل الحمولة العالقة التي تم إرسابها في هذه الأماكن خلال بعض عمليات الجريان التي تتميز بالسرعات المنخفضة. و جدير بالذكر أن شيك وآخرين Schick في دراسته على بعض أودية صحراء النقب أرجع خشونة المواد إلى أنها تمثل حمولة القاع للمجارى (Cooke, R.U., et al. 1993 p. 149).

العلاقة بين متوسط حجم الرواسب مع كل من خصائص أحواض وشبكات التصريف وخصائص الجريان:

من خلال استعراض علاقات الارتباط التي توضحها المصفوفة (جدول رقم ٤) والعلاقات الخطية التي يبينها شكل رقم (١٢) يمكن تلخيص علاقة متوسط حجم الرواسب مع المتغيرات المختلفة الخاصة بأحواض الأودية وشبكات التصريف وخصائص الجريان فيما يلي:

١- توجد علاقة موجبة بين متوسط حجم الرواسب مع مجموع طول المجارى.

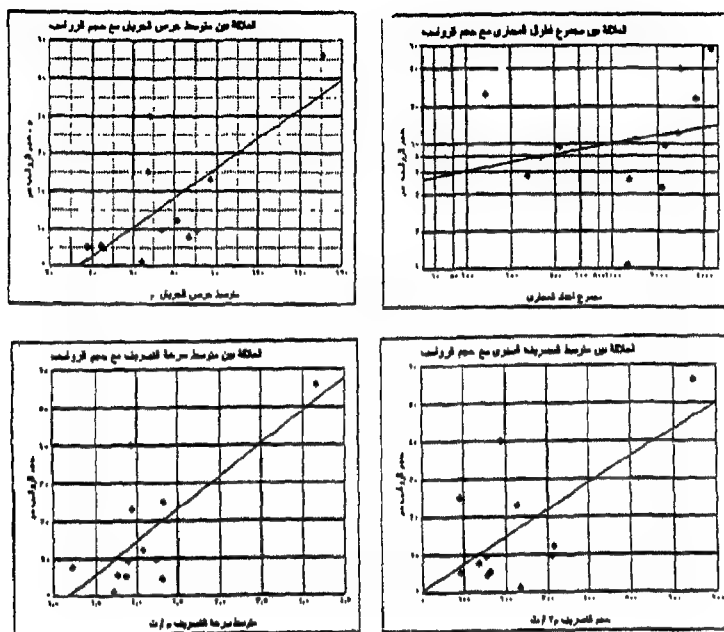
٢- كما توجد علاقة موجبة بين متوسط حجم الرواسب مع كل من متوسط التصريف السنوى ومتوسط سرعة التصريف ثم مع متوسط عرض الجريان.

وتؤكد بعض الدراسات السابقة وجود علاقة بين متوسط الحجم مع سرعة التصريف. فعلى سبيل المثال وجد ميللر (Cooke, R.U., et al. 1985, Miller 1958 p. 239) أن متوسط حجم الحبيبة المنقولة له علاقة بسرعة الجريان وهذه العلاقة توضحها المعادلة التالية:

$$D = 1.0 V_2$$

حيث: D = متوسط قطر الحبيبة المتحركة (مم).

V = سرعة الجريان (قدم/ثانية).



شكل رقم (١٣) العلاقات الخطية بين متوسط حجم رواسب الجان المجاري مع خصائص الشبكة والتصرف.

٤ - تختلف خصائص التصريف الذى يجرى فى الأودية بين واد وآخر وبين تصريف وآخر داخل الوادى الواحد. إلا أن التصريف فى هذه الأودية يتميز بعدد من الخصائص التى تميزه عن التصريف فى أودية المناطق الرطبة ومن أهمها: التفاوت فى الكميات ومعدلات التردد وطول الفترة الفاصلة بين تصريف وآخر وأبعاد وفصلية الجريان وكذلك طول ومدة ومقدار استمراره، كما تتميز بارتفاع معدلات السرعة فيها بدرجة واضحة، وأنها أيضا ذات منحى يتميز بشدة انحدار جوانبه ووجود قمة شديدة التدب.

٥ - من الناحية التطبيقية وتبعاً للمعدلات التى استخدمت فى تحديد درجات خطورة الجريان السيلى فى منطقة مسقط (Surface Water Department 1992, pp. 5-6) وأخذت فى الاعتبار كل من فترات التكرار ومدى تعرض المكان لحركة الجريان وكذلك سرعة الجريان عند تحديد درجات الخطورة، تبعاً لذلك يمكن القول أن مناطق المجارى الرئيسية للأودية موضوع الدراسة تعتبر مناطق مرتفعة الخطورة High Risk Zones. وتزيد درجات الخطورة فى مناطق المراوح الفيضية والسهول حيث يزيد التركيز البشرى وأشكال استغلال سطح الأرض. وتعد الأودية التى تجرى فى منطقة سهل الباطنة (الجزى وبنى غافر والخوض) وفى منطقة دلتا قريات (ضيقة ومجلاص) تعتبر أيضا أودية ذات خطورة مرتفعة. وهذا لا يقلل من خطورة الأودية فى المناطق الأخرى وكذلك الأودية التى لم تشملها الدراسة وهذا يتطلب المزيد من الدراسات التفصيلية.

٦ - تتميز قيعان الأودية بالخشونة النسبية واختلاف متوسط حجم الرواسب فى مجارى الأودية. من مجرى لآخر ودخل المجرى بطبيعة

الحال على طول قطاعيه العرضي والطولي كما تساهم بعض الظروف المحلية في تغيير خصائص هذه الرواسب. ومن جانب آخر تعكس خشونة المواد مقدار التفاوت في تأثير بعض المتغيرات خاصة سرعة الجريان ومتوسط التصريف بالإضافة إلى أطوال المجارى.

كما تختلف المواد من حيث الشكل وأن كانت غالبا ما تميل إلى الاستدارة. وهي تختلف في نوعيتها نظرا لتعدد مصادرها التي اشتقت منها وهي غالبا ما تتكون من الحجر الجيري وبعض أنواع صخور الأفيوليت النارية المنشأة.

ملحق رقم (١) الجريان الفعلى في مجموعة الأودية

م	اسم الوادى	التاريخ	التصريف م ^٣ /ث
١	لانصب	٣ مايو ٨١	٨٩
		٢٠ سبتمبر ٨١	١٤
		٢٣ يناير ٨٢	٢٤
		٢٥ فبراير ٨٢	١٤
		١٧ نوفمبر ٨٣	٢٢
		١٠ أغسطس ٨٣	٢٨
٢	حلفين	١٧ مارس ٨٠	١٣
		٨١	٨٩٧
		٢٣ فبراير ٨٢	٣٧٨
		١ مايو ٨٢	١٧١
		٢ إبريل ٨٣	١٧١
		١٠ إبريل ٨٣	٢٥٠
		١٣ إبريل ٨٣	١١٨
		١٦ أغسطس ٨٣	١٩٢
		١٧ أغسطس ٨٤	١٠٦
٣	ميج	٣ مايو ٨١	٢٣٦
		٢٣ فبراير ٨٢	٢٣٤
		٨٢ مارس ٨٢	١٩١
		٨٢ إبريل ٨٢	٥٨
		٦ إبريل ٨٣	٥٦
٤	مجلس	٧٩ ديسمبر	٢٤٧

		٨٤ ١٠٨٠ ٣٦٣ ٤٦ ٤١	مايو ٨١ فبراير ٨٢ مارس ٨٢ ١٢ فبراير ٨٣ ١٠ أغسطس ٨٣		
٥	ضريبة	٦١ ٧٦ ٦١ ١٨٦ ٣١٣ ١٨٠ ٧٠٠ ١٢٦ ١٧٥ ١٢١٠ ٢٠٤٠ ١٨٠ ٦٠٢٠ ٣٥٥ ٣٠٥ ٣٥٥ ٥٠٠ ٢١٥ ٤٠٨ ٦٩ ٢٣	٢٨ مايو ٧٩ ٣١ أكتوبر ٧٩ ٢٣ فبراير ٨٠ ٤ مارس ٨٠ ٢١ مارس ٨٠ ١٥ يناير ٨١ ١٣ مارس ٨١ ٣٠ إبريل ٨١ ٣ مايو ٨١ ١٤ فبراير ٨٢ ٢٣ فبراير ٨٢ ٢٦ فبراير ٨٢ ٣٠ مارس ٨٢ ٢٨ إبريل ٨٢ ٣٠ إبريل ٨٢ ١ مايو ٨٢ ٢ إبريل ٨٣ ١٣ إبريل ٨٣ ١٠ أغسطس ٨٣ ٢٦ أغسطس ٨٣ ٢٣ أغسطس ٨٤		
٦	الغرض	٣٤٠ ١٣٧ ١٨٧ ٦٢٣ ٤٢٠ ٥٠ ٢٣٠ ١٠٥ ١٧٠ ١٧ ٧٢٢ ٤١٩ ٥٢ ١٠٥	١٠ فبراير ٧٥ ٣ فبراير ٧٦ ٢٦ مارس ٧٦ ٦ إبريل ٧٦ ٢٥ فبراير ٧٧ ٢٤ مايو ٧٧ ١١ نوفمبر ٧٧ ٢٥ نوفمبر ٧٧ ٩ مارس ٧٨ نوفمبر ٧٩ ٣ مايو ٨١ ٢٣ فبراير ٨٢ ٦ إبريل ٨٣ ١٢ إبريل ٨٣		

٦٠	١٠ أغسطس ٨٣		
٢,٤	٢٩ ديسمبر ٨٤		
١٧٦	٣ مايو ٨١	مسافة	٧
١١٩	١٤ فبراير ٨٢		
٢٣٠	٢٣ فبراير ٨٢		
١٨	٢٥ فبراير ٨٢		
٣٤	٢٦ فبراير ٨٢		
٤٠,٤	٣ إبريل ٨٢		
٣٢	١٠ فبراير ٨٣		
١٧	١٠ إبريل ٨٣		
٣٩	١١ إبريل ٨٣		
٣٣	١٢ إبريل ٨٣		
٣١	٦ أغسطس ٨٣		
٢٧	١٤ سبتمبر ٨٣		
١,٢	١٠ سبتمبر ٨٤		
٢٩	٨٠ مارس ٨٠	معدن	٨
٢٣٦	٣ مايو ٨١		
١٤٨	١٤ فبراير ٨٢		
٣٩٩	٢٣ فبراير ٨٢		
١٥٠	٢٦ فبراير ٨٢		
١٨٨	١ مايو ٨٢		
٦٠	١٥ ديسمبر ٨٢		
٣١	١ إبريل ٨٣		
١٥٠	١٠ إبريل ٨٣		
٢١٦	١٣ إبريل ٨٣		
٦٦	١٧ أغسطس ٨٤		
٣٧٦	٣ مايو ٨١	جيا	٩
١٣٦	٢٣ فبراير ٨٢		
٢٠	١ إبريل ٨٣		
٧	٨ أغسطس ٨٣		
٧٧٨	١٩٧٧	بنى غافر	١٠
٣٤١	٧٧ مايو		
٢٠١	١٠ يونيو ٧٧		
٢٥١	٧٩ نوفمبر		
٨٩	٧٩ ديسمبر		
٥٤	٧٩ ديسمبر		
٣٦٠	٨١ مايو		
٦٨٠	٨١ مايو		
٦٢٠	٨٢ فبراير		

٣٨٥	مارس ٨٢		
٢٣٦	إبريل ٨٢		
٣٧٠	إبريل ٨٢		
٢٨٠	إبريل ٨٢		
٤٠	إبريل ٨٣		
٤٩	أغسطس ٨٣		

المصدر: Public Authority for Water Resources (PAWR) Surface Water
Records for Selected Stations 1975-1984.
Council for Conservation of Environment and Resources, Sultanate of Oman.
Report: PAWR 85-15, pp. 48-187.

قائمة المصادر والمراجع:

- 1- Geological, Maps scale 1: 50.000 1992, Directorate General of Minerals, Ministry of Petroleum and Minerals, Sultanate of Oman, Sheets no. NG40-149 Buraymi) NF40-02 (Ibri) NF40-03 (Seeb), NF40-04 (Muscat) NF40-07 (Nazwa) and NF40-08 (Sur).
- 2- Landsite Thematic Mapper Data, (1985) Northern Mountains, Sultanate of Oman, scale 1: 250.000, processed by Michal Abrams, Jet propulsion laboratory pasadena, California.
- 3- Ministry of Petroleum and Minerals, Directorate General of Minerals, Sultanate of Oman (1985) Moasic of Rustaq area, scale 1: 20.000 Completed and printed by B.K.S. Survey LTD, Ballycairn road, Coleraine, N. Ireland, Sheets 1 to 150.
- 4- Public Authority for Water Resources (PAWR), (1985) Surface-Water Records for selected stations 1975-1984.
Council for Conservation of Environment and Water Resources, Sultanate of Oman Report: PAWR 1-86-21.
- 5- Public Authority for Water Resources (PAWR), (1985) Fluvial Sediment in Northern Oman, by W.F. Curtis, Report: PAWR 85-15.
- 6- Sultanate of Oman, Ministry of Communications, Directorate General of Civil Aviation and Meteorology, Department of Meteorology, Annual Climate Summary 1989 and 1991.
- 7- Surface Water Department, Ministry of Water Resources, Sultanate of Oman (1992) Flood Study Program, Delineation of High, Medium, Low and Index Flood Risk Zones, Muscat Area, Phase 2, pp. 5-6.

- 8- Carlston, C.W., (1963) Drainage Density and Streamflow. U.S. GEOL. Survey Prof. paper 422-c: 1-8.
- 9- Cooke, R.U., Warren, A. and Goudie, A., (1993) Desert Geomorphology U C L press, London.
- 10- Cooke, R.U., Brunnsden, D., Doornkamp, J.C. and Jones, D.K.C., (1985) Urban Geomorphology in Drylands.
Oxford University press, New York.
- 11- FAO, (1981), Arid Zone Hydrology for Agricultural development. Rome.
- 12- Gardiner, V. and Dackombe, R., (1983) Geomorphological Filed Manual. George Allen & Unwin Ltd. London.
- 13- Graf, W.L., (1988) Fluvial Processes in Dryland Rivers. Springer-Verlag, London.
- 14- Horton, R.E., (1945) Erosional Development of Streams and Their Drainage Basins; Hydrophysical Approach to Quantitative Morphology.
Geol. Soc. America Bull. 56: 272-370.
- 15- Leopold, L.B. and Miller, J.P., (1956) Ephemeral Streams Hydraulic Factors and Their Relation to the Drainage Net. U.S. Geol. Survey Prof. paper 282-A: 16-24.
- 16- Linsley, R.K. Kohler, TR. Max. A. and Paulhus, L.H., (1982) Hydrology for Engineers, 3rd. ed. McGraw-Hill, Inc, London.
- 17- Lippard, S.J. Shelton, A.W. and Gass, I.G., (1986) The Ophiolite of Northern Oman, published for the Geological Society by Black Well Scientific Publications, Oxford, London.
- 18- Melton, M.A., (1958) Correlation Structure of Morphometric Properties of Drainage Systems and Teir controlling Agents.

Jour. Geol. 66: 442-460.

19- Morisawa, M.E., (1962) Quantitative Geomorphology of some Watersheds in the Appalachian plateau.

Geol. Soc. America Bull. 73: 1042, 1028.

20- Schick, A.P., (1988) Hydrologic Aspects of Floods in Extreme Arid Environment, in Flood Geomorphology edited by V.R., Baker, R. Craig Kochel and P.C., Patton, John Wiley & Sons, New York.

21- Schumm, S.A., (1973) Geomorphic Thresholds and Complex Response of Drainage Systems. In Fluvial Geomorphology, M.E. Morisawa, ed, State University New York, Binghamton, 1973, pp. 299-310.

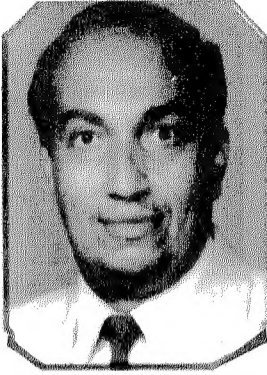
22- Strahler, A.N., (1957) Quantitative Analysis of Watershed Geomorphology. Am. Geophys. Union Trans. 38 (6): 913-920.

المحتويات

١٠٢-٣	الجزء الأول: - الجريان السيلوي في السماري نظريا
٩-٥	مقدمة
٥٨-١١	أولا: العوامل المؤثرة على الجريان السيلوي
٧٠-٥٩	ثانيا: الجريان
٨٩-٧١	ثالثا: توقع الجريان
٩٧-٩١	رابعا: طرق تفادي أخطار الجريان
١٠٢-٩٨	قائمة المراجع
٢٢٥-١٠٣	الجزء الثاني: - السيول عليها
	١- السيول والتنمية في وادي فيران
١٦٠-١٠٥	دراسة تطبيقية من منظور جيومورفولوجي
١٠٨-١٠٥	مقدمة
١٠٨-١٠٨	أولا: الموقع والشكل العام للوادي
١١٣-١٠٩	ثانيا: التكوينات الجيولوجية
١١٧-١١٣	ثالثا: خصائص شبكة التصريف
١١٨-١١٧	رابعا: خصائص المطر في المنطقة
١٣٠-١١٨	خامسا: مورفولوجية الوادي الرئيسي
١٣٤-١٣٠	سادسا: استخدام الأرض
١٣٧-١٣٤	سابعا: حركة وأتجاه الجريان
١٤٠-١٣٧	ثامنا: أشكال النحت والتدمير في الطريق ومظاهر العمران
١٤٣-١٤٠	تاسعا: درجات ومناطق الخطورة
١٥١-١٤٣	عاشرا: طرق وأساليب الحماية وتجنب الأخطار
١٥٢	بيان بخرائط الموضوع
١٥٤-١٥٣	قائمة المصادر والمراجع
	٢- أودية شمال سلطنة عمان
٢٢٥-١٥٥	دراسة في الجيومورفولوجية الكمية
١٦٢-١٥٧	مقدمة

١٧٥-١٦٣	أولاً: الجوانب الطبيعية
١٩٥-١٧٥	ثانياً: الخصائص المورفومترية لأحواض وشبكات التصريف
٢١٢-١٩٥	ثالثاً: خصائص التصريف في الأودية
٢١٨-٢١٢	رابعاً: الرواسب
٢٢٢-٢١٩	ملحق
٢٢٥-٢٢٣	قائمة المصادر والمراجع
٢٢٨-٢٢٧	فهرس المحتويات

٩٩ / ٧٨٨٣	رقم الإيداع
977-5758-28-9	الترقيم الدولي



الهولف فى سطور

هو الدكتور/ أحمد سالم صالح

استاذ ورئيس قسم الجغرافيا بكلية
الأداب جامعة الزقازيق.

حاصل على درجة الماجستير من جامعة عين

شمس بتقدير ممتاز ١٩٨٠

ودرجة الدكتوراه من جامعة القاهرة بمرتبة

الشرف الأولى ١٩٨٥

عمل زائرا بكلية البنات بالدمام عام ١٩٨٧

ومعارا لجامعة الإمام محمد بن سعود

١٩٨٩/٨٨

ومعارا لجامعة السلطان قابوس بسلطنة عمان

الفترة من ١٩٩٦/٩٠

له حوالى عشرون بحثا فى موضوعات عديدة

منها الأودية والسيول والمدرجات والمراوح

الفيضية والتكوينات الرملية ونظم المعلومات

الجغرافية.

له عددا من الكتب من أهمها الجغرافية

الطبيعية والخرائط (وزارة التربية بسلطنة

عمان) والدراسة الميدانية - قياس أشكال

السطح - ونظم المعلومات الجغرافية.

شارك فى عدد من الندوات والمؤتمرات

العلمية فى جامعات عين شمس والاسكندرية

وأوتاجو بنيوزلاندا ونيوكاسل ببريطانيا.

الكتاب فى سطور

تعتبر السيول إحدى المشكلات الطبيعية

التي أولتها الأمم المتحدة نصيبا وافرا

من الاهتمام فى الفترة الأخيرة.

ورغم تناول الكثير من المراجع والبحوث

الأجنبية لهذه الظاهرة إلا أن الدراسات

باللغة العربية لا تزال قليلة فى

هذا المجال.

ويعتبر هذا الكتاب الأول من نوعه الذى

يتناول الظاهرة بالبحث والتحليل حيث

يتناول عددا من الموضوعات التى تغطى

الجوانب المختلفة للظاهرة. ويقدم للقارئ

وجبة علمية سهلة بأسلوب مبسط مدعم

بالأشكال التوضيحية.

ونأمل أن يجد فيه القارئ والباحث ما يرغب

فيه من معلومات وما يصبو اليه من تفكير

والله من وراء القصد.